

Klimatologische Einzelfall- prüfungen zur Neuaufstel- lung des Flächennutzungs- planes

Auftraggeber:

Stadt Troisdorf

Auftragnehmer:

Büro für Umweltmeteorologie

Bearbeitung:

Dipl. Met. Helmut Bangert

Paderborn, im März 2015

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Zielsetzung.....	1
2. Das Regionalklima im Raum Troisdorf	2
2.1 Auswertung der Temperaturdaten	2
2.2. Auswertung des Windvektors	4
3. Beurteilung der Plangebiete	7
3.1 Ausweisung klimarelevanter Strukturen.....	7
3.2 Lokale und regionale Windsysteme	8
3.3 Ausweisung von Klimatopen.....	8
4. Planungshinweise	11
5. Zusammenfassung.....	13

Anhang

Abbildungen

Karten

1. Einleitung und Zielsetzung

Die Stadt Troisdorf plant die Neuaufstellung ihres Flächennutzungsplanes. Hierbei soll auch das örtliche Klima Berücksichtigung finden. Für das gesamte Stadtgebiet existiert ein Klimagutachten des Deutschen Wetterdienstes aus dem Jahr 1997. Dieses basiert überwiegend auf Modellrechnungen sowie auf Messungen im Sommer 1996. Dem Gutachten sind einige allgemeine Informationen über das lokale Klima zu entnehmen, die thematischen Karten haben allerdings wenig Planungsbezug. Zum Einsatz kamen das Kaltluftabflussmodell KLAM sowie das Klima-Michel-Modell, mit dem der Wärmehaushalt des Menschen in Abhängigkeit vom Außenklima simuliert wird. Ergänzt wurden die Modellierungen durch ein kleines Messprogramm. Über vier Tage wurden auf dem Gelände des städtischen Bauhofs Messungen der Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchte sowie Windrichtung und –geschwindigkeit durchgeführt. Ferner fanden in einer Nacht insgesamt vier Messfahrten statt. In der Strahlungsnacht konnte die Ausbildung einer Bodeninversion nachgewiesen werden, dabei wurde es im Offenland kühler als in den bebauten Bereichen. Die Berechnungen der Kaltluftproduktion kamen zu dem Ergebnis, dass im Stadtgebiet von Troisdorf zahlreiche kleinere und größere Kaltluftabflüsse existieren, die durch die Talsysteme kanalisiert werden. Dabei wird teilweise ein Eindringen von Kaltluft in bebaute Gebiete simuliert. Die Planungshinweise enthalten auch Empfehlungen für den Siedlungsneubau. Diese sollen sich möglichst durch aufgelockerte, von Grünflächen durchsetzte Bebauungsformen auszeichnen. Dabei sollten kaltluftproduzierende- und transportierende Flächen nicht um mehr als 5% verkleinert werden und diese Flächen möglichst nicht zerschnitten, zerstückelt oder eingeengt werden. Keinesfalls jedoch sollten Kaltluftflüsse oder Talabwinde durch querstehende, die Talsohle abriegelnde Bebauung behindert werden.

In der aktuellen Studie wird zunächst anhand der Amtlichen Wetterstation auf dem Flughafen Köln-Bonn der Trend einiger planungsrelevanter Klimakenngrößen ausgewertet. Vor dem Hintergrund der weltweiten Erwärmung werden für fünf Teilräume Klimatop- und Planungshinweiskarten erstellt, die auf aktuellen Luftbildern sowie dem noch gültigen Flächennutzungsplan basieren. Die Teilräume werden einzeln untersucht und die Ergebnisse erläutert.

2. Das Regionalklima im Raum Troisdorf

Aufgrund seiner der topografischen Situation gehören das Ruhrgebiet zwischen Bochum und Duisburg sowie Rheinschiene zwischen Duisburg und Bonn in Nordrhein-Westfalen zu den wärmsten Regionen. Dies ist schon Veröffentlichungen wie dem Klimaatlas NRW aus dem Jahr 1989 zu entnehmen, in dem die Datenreihen von 1931-1960 dieses Phänomen anhand unterschiedlichster Temperatúrauswertungen verdeutlichen. So liegt die langjährige Jahresmitteltemperatur in den genannten Gebieten zwischen 10 und 10,5°C.

Aktuellere Daten liegen von der Amtlichen Wetterstation am Flughafen Köln-Bonn vor. Frei im Internet verfügbar ist das meteorologische Material für den Zeitraum 1958 bis heute. Die Unterlagen bestehen sowohl aus langjährigen Datenreihen als auch aus Monats-, Tages- und Terminwerten.

2.1 Auswertung der Temperaturdaten

Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur für den Gesamtzeitraum 1958-2013 errechnet sich zu 10,2°C. Basis dafür sind die Jahremitteltemperaturen der Einzeljahre. Splittet man diesen Zeitraum in zwei Perioden, nämlich 1958 bis 1987 und 1988 bis 2013, auf, ergeben sich Mittelwerte von 9,7°C bzw. 10,6°C, das bedeutet, dass die letzten 25 Jahren um 0,9°C wärmer waren als der historische Zeitraum. Dieser Trend bestätigt, dass die weltweit gemessenen Erwärmungsraten auch für das Regionalklima im Raum Köln-Bonn-Koblenz gelten. Abb. 1 zeigt die jährliche Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen. Statistisch wurde eine lineare Trendlinie hinzugefügt. In vier Jahren lag der Jahresmittelwert unter 9,0°C. Bis 1988 gab es keine Werte oberhalb von 10,5°C, seitdem wurde dieser Betrag in 18 von 25 Jahren erreicht oder sogar überschritten. Jahresmittel von 11°C und mehr wurden in diesem Zeitraum acht Mal ermittelt. Das zu Ende gehende Jahr 2014 wird vermutlich bundesweit und auch am Standort Köln-Bonn das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen Ende der 19. Jahrhunderts sein.

Neben der Mittelwertbetrachtung sind für das Klima eines Ortes auch die Extremwerte der einzelnen Klimafaktoren von großem Interesse. Dies betrifft auch die Höchst- und Tiefstwerte der Lufttemperatur. So werden vom Deutschen Wetterdienst für jeden Monat die mittleren Minima und Maxima der Lufttemperatur ermittelt. Die Mittelwerte der 12 Monate ergeben die mittleren jährlichen Maximal- und Minimaltemperaturen. Sie deuten an, ob der an den Jahremitteltemperaturen erkennbare Trend zur Erwärmung mehr aus den gestiegenen Tagesmaxima oder eher aus milderer Nächten resultiert. Das Jahr 1959 und insbesondere sein heißer Sommer galt jahrzehntelang als Ausnahmejahr hinsichtlich der damals gemessenen Temperatur. Die mittlere Maximumtemperatur, die in Abb. 2 dargestellt ist, lag damals bei 15,9°C. Erst 2003 und 2011 sowie vermutlich 2014 weisen höhere Werte auf. In allen drei Jahren liegen die mittleren Maximaltemperaturen über 16°C. Die Trendlinie zeigt einen vergleichsweise steilen Anstieg, was dafür spricht, dass die Erwärmungstendenz maßgeblich auf gestiegenen Höchstwerten beruht. Ihr Jahresmittel liegt seit 1988 gehäuft über 15°C, ein Wert, der bis dahin nur einmal überschritten worden war. Ebenfalls einen Trend zur weiteren Erwärmung zeigen die absoluten jährlichen Höchsttemperaturen (Abb. 3). Bis auf zwei Jahre (1958, 1965) lagen die Werte stets über 30°C, in 15 Jahren wurden 35°C überschritten, wobei auch für diesen Schwellenwert die Häufigkeit während der letzten drei Jahrzehnte stark zugenommen hat. 2003 stieg die Temperatur bis auf 38,8°C.

Etwas schwächer als bei den Höchsttemperaturen fällt der Erwärmungstrend bei den Temperaturminima aus. Der Trendkurve in Abb. 4 folgend ist aber auch hier das Niveau von 1958 bis heute um ca. 1°C angestiegen. Unverkennbar ist, dass die mittleren Minima seit 1988 mehrheitlich über 6°C liegen, Jahre mit besonders niedrigen Werten liegen weit in der Ver-

gangenheit (1963, 1985). Den häufig wintermilden Charakter des Rheintales bestätigen auch die Ergebnisse der absoluten Temperaturminima. Rekordhalter sind die Winter 1963 mit $-22,9^{\circ}\text{C}$ und 1985 mit $-23,4^{\circ}\text{C}$. Nach vielen milden Wintern sank die Temperatur 2009 auf $-19,2^{\circ}\text{C}$, 2012 dann auf $-17,8^{\circ}\text{C}$. Man erkennt, globale Erwärmung bedeutet nicht, dass keine kalten Werte mehr erreicht werden können.

Bei steigenden Temperaturen ist das Verhalten von Niederschlägen und Sonnenscheindauer von Interesse. Denn höhere Temperaturen stehen in Verbindung mit verstärkter Verdunstung, was durch erhöhte Niederschlagssummen kompensiert werden könnte.

Abb. 6 zeigt jedoch nur einen marginalen Anstieg der jährlichen Niederschlagssummen in der Zeitreihe 1958 bis 2013. Der langjährige Mittelwert liegt bei einer Jahressumme von 800 Millimetern. In drei Jahren gab es weniger als 600mm, in ebenfalls drei Jahren fielen mehr als 1.000mm. Die letzten fünf Jahre zeichneten sich durch allgemein zu geringe Niederschlagssummen aus.

Die durchschnittliche Sonnenscheindauer (Abb. 7) am Standort Köln-Bonn liegt bei ca. 1.550 Stunden im Jahr. Große Ausreißer nach oben gab es aufgrund der Rekordsommer in den Jahren 1959 (2.050 Stunden) und 2003 (2.064 Stunden). Während der letzten 25 überdurchschnittlich warmen Jahre schien die Sonne nicht außergewöhnlich lange, das heißt Wärme und Sonnenscheindauer korrelieren nicht eindeutig miteinander, es wird also wärmer, ohne dass die Sonnenscheindauer im vergleichbaren Maße zunimmt.

Neben Jahreskennwerten sind auch Tagessummen mit Unter- und Überschreiten von definierten Schwellenwerte für die Charakterisierung des Lokalklimas wichtig. Für deren Auswertung dienen die Tageswerte aus der Internetpräsenz des Deutschen Wetterdienstes.

Die meisten Kennwerte existieren für das Klimatelement Lufttemperatur. Für sommerliche Wärmeperioden gibt es mit Sommertagen, definiert als Tage mit Maxima über 25°C , und mit Heißen Tagen, definiert mit Maxima über 30°C zwei anerkannte Grenzwerte. Die mittlere Zahl der Sommertage (Maxima $>25^{\circ}\text{C}$) stieg am Standort Flughafen Köln-Bonn von durchschnittlich 33 Tagen (1958-1987) pro Jahr auf 40 Tage (1988-2013) an. Die Trendlinie (Abb. 8) beginnt 1958 bei 30 Sommertagen und endet 2013 bei 47 Sommertagen. Während der ersten 30 Jahre ab 1958 gab es viele Jahre mit weniger als 30 Sommertagen, 2003 wurde mit 72 Sommertagen der bisherige Höchstwert erreicht. Die letzten 5 Jahre liegen etwa im Bereich der Trendlinie, Ausreißer nach oben gab es nicht. Heiße Tage sind in "normalen Sommern" in der Rheinschiene noch relativ selten, trotzdem zeigt die lineare Trendlinie einen Anstieg, von etwa fünf Tagen zu Beginn des Datenkollektivs bis auf 12 Tage im Jahr 2013 (Abb. 9). In letzten Jahren gab es viele Jahre unterhalb der Trendlinie sowie einige Ausreißer nach oben bis zu 21 Heißen Tagen im Sommer 2013. Neben dem Wärmestress tagsüber nimmt auch die bioklimatische Belastung während warmer Nächte zu (Abb.10). Während es im Rekordsommer 1959 weniger als 20 Warme Nächte gab, wurden 2003 46 warme Nächte registriert. 2003 stellt in dieser Hinsicht bisher eine absolute Ausnahme dar, es stützt aber die These, dass solche thermisch hochbelasteten Wetterlagen möglich sind.

Auch die kalte Jahreszeit kann bioklimatisch belastende Wetterlagen mit sich bringen. Kälte in Verbindung mit Feuchtigkeit und/oder Wind wird als besonders unangenehm empfunden. Frosttage sind zwar ein wichtiges Indiz für die Kälte eines Winters, sind aber nicht synonym mit belastenden Wetterlagen. Ihre Anzahl sinkt, wie es die Trendlinie in Abb. 11 verdeutlicht. Da die Wintersaison von Dezember bis Februar läuft, sind jeweils zwei Kalenderjahre an den Statistiken beteiligt. Die hohe Anzahl von insgesamt 99 Frosttage im Kalenderjahr 2010 resultiert aus dem Januar/Februar 2010, und somit aus dem Winter 2009/2010 und dem Dezember 2010, d.h. aus dem Winter 2010/2011. Unabhängig von diesem Phänomen wird an den Werten unterhalb der Trendkurve deutlich, dass Frosttage seit 1988 seltener gewor-

den sind. Dies gilt auch für Nächte mit strengem Frost (Abb. 12) sowie für Nächte mit Bodenfrost (Abb.13). Hier hat die Trendkurve ebenfalls fallende Tendenz und vielen milden Wintern stehen einige Ausreißer nach oben gegenüber.

Ruhrgebiet und Rheinschiene sind auch für ihre Schneearmut bekannt. Seit 1989 waren es meist weniger als 15 Tage, an denen eine geschlossene Schneedecke gemessen wurde. Richtig lange, nämlich fast 70 Tage Schnee gab es hingegen im Kalenderjahr 2010.

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass sämtliche Temperaturkennwerte auf eine Erwärmung während der letzten Jahrzehnte hindeuten. Dies passiert ohne erkennbare Zunahme der Sonnenscheindauer und bei stagnierenden Niederschlagsmengen. Die zunehmende Wärme kann im Extremfall zur Belastung werden, so dass Phänomene des Stadtklimas, das ebenfalls Tendenzen zur Überwärmung im Vergleich zum Umland zeigt, in erhöhtem Maße in der Planung Berücksichtigung finden sollte. Die am Standort Flughafen Köln-Bonn gemessenen Daten sind für einen unbebauten Bereich im Rheintal repräsentativ. Bekanntlich sind bebaute Areale wärmer, dabei steigert sich die Überwärmungsrate mit der Größe der Stadt. Bei Strahlungswetterlagen erreichen die Unterschiede Maximalwerte, die während der abendlichen und nächtlichen Abkühlungsphase in Einzelfällen bis zu 10°C zwischen Innenstadt und Offenland betragen können. Bei ohnehin hohem Temperaturniveau, wie es für die Region Köln-Bonn-Koblenz im Rheintal typisch ist, bekommen stadtklimatisch bedingte Überwärmungsraten einen besonderen Stellenwert in der Human-Biometeorologie. Daher ist es höchst sinnvoll, weitere Baumaßnahmen am Rand von vorhandenen Siedlungsgebieten im Hinblick auf ihre Klimaverträglichkeit zu überprüfen.

2.2. Auswertung des Windvektors

Eng im Zusammenhang mit der thermischen Struktur einer Region an sich ist das vorherrschende Windfeld. Bei der Messgröße Wind handelt es sich im Gegensatz zur Lufttemperatur um eine vektorielle Größe, das heißt sie setzt sich aus Richtung und Geschwindigkeit zusammen. Wind ist in der Regel die Folge von Luftdruckgegensätzen in der Atmosphäre. Zu unterscheiden sind großräumige Luftdruckunterschiede, die man als Hoch- und Tiefdruckgebiete von der Wetterkarte kennt. Je größer die horizontalen Druckgegensätze sind, um so stärker weht der Wind. Dabei wird die jeweils vorherrschende Windrichtung durch die Lage von Hoch- und Tiefdruckgebieten bestimmt. Für Mitteleuropa typisch sind westliche Winde, die aus dem Zusammenspiel zwischen einem Hoch bei den Azoren und einem Tief bei Island resultieren. Es gibt aber auch Wetterlagen mit geringen Luftdruckgegensätzen und schwachem Wind. Dann besteht die Möglichkeit, dass sich lokale und regionale Windsysteme durchsetzen können. Beobachtet man im Übergangsbereich vom dichtbebauten Bereichen und Offenland bei warmem Hochsommerwetter nicht selten kleinräumige Flurwinde, treten in Hang- und Tallagen häufiger und intensiver Regionalwindsysteme auf. Wesentliches Indiz dieser Windsysteme sind ihre im Tagesgang wechselnden Windrichtungen. Strömt die Luft tagsüber hangaufwärts bzw. talaufwärts, fließt sie nachts in entgegengesetzter Richtung. Letzteren kommt wegen der nachts typischen stabilen Luftschichtung – unten kalt, oben warm- große Bedeutung bei der Abkühlung überwärmter Stadtquartiere zu. Meteorologen bezeichnen diese nächtlichen Phänomene daher auch als Kaltluft(ab)flüsse und geben ihnen im Zusammenhang mit der Stadtplanung einen hohen Stellenwert.

Dabei ist auch die Frage zu stellen, ob durch Luftbewegungen ein Ausgleich zwischen kühleren Arealen und überwärmten Bereichen vorhanden ist und dieser gegebenenfalls durch weitere Baumaßnahmen gestört oder sogar vernichtet wird. Von der Wetterstation am Flughafen Köln-Bonn liegt eine langjährige und für die Region repräsentative Windstatistik vor. Sie umfasst die Jahre 1975-2013. Im Klimaatlas NRW sind die Ergebnisse für landesweit 14

Stationen darstellt. Mehrheitlich dominieren Anströmungen aus südwestlichen bis westlichen Richtungen, wie man es als Klimatologe für die Westwindzone der Gemäßigten Breiten auch erwartet. Für die beiden Stationen im Rheintal, Flughafen Düsseldorf und Flughafen Köln-Bonn gilt dies nicht. Beide Standorte haben ihr Richtungsmaximum im 10jährigen Durchschnitt im Sektor Südost. Grund dafür ist ihre topografische Lage im Rheintal, wodurch die Strömung in einer Vielzahl der Fälle kanalisiert wird.

Somit verwundert es nicht, dass die eigene Auswertung der Winddaten vom Flughafen Köln-Bonn, die aufgrund ihrer langen Zeitreihe von 39 Jahren absolut gesicherte Daten liefert, zum selben Ergebnis kommt. Die Auswertung basiert auf den Stundenwerten, die ein Kollektiv von fast 350.000 Einzelwerten für Windrichtung und Windgeschwindigkeit darstellen. Die mittlere Windgeschwindigkeit - gemessen in 10m über Grund - beträgt demnach im langjährigen Durchschnitt 3,2m/s.

Mit Hilfe von tageszeitenabhängigen Windrosen lassen sich regionaltypische Phänomene zweifelsfrei darstellen. Sie basiert auf Stundenwerten der fast 40jährigen Datenreihe. Als Nachtstunden wurde das Datenkollektiv von 22 Uhr bis 4 Uhr separiert, für die Tagstunden werden die Werte von 10 bis 16 Uhr betrachtet. Die Windrichtung (sie entspricht der Richtung, aus der der Wind weht), die entsprechend einer Kreisscheibe in 360 Grad aufgezeichnet wird, wird in der Regel nach der Himmelsrichtung in 12 Sektoren klassifiziert. Neben den vier Hauptwindrichtungen Nord, Ost, Süd und West werden die Zwischenwerte mit NNO und ONO, OSO und SSO, SSW und WSW sowie WNW und NNW bezeichnet.

Bei einer absolut gleichen Verteilung auf alle Windrichtungen würde die relative Häufigkeit für jeden Sektor 6,6% betragen. Außergewöhnlich dominant ist in der Gesamtstatistik der Sektor Ost-südost (OSO) mit 22,6%. Rang 2 belegt der benachbarte Sektor Südsüdost (SSO) mit 11,5%. Mit 9,8% relativer Häufigkeit folgt der Sektor West. Besonders selten sind Anströmungen aus Richtungen zwischen Nord und Nordost. Im Normalfall ist die Windrichtung eine in bezug auf den Tagesgang konservative Komponente, da sie eine Folge der großräumigen Luftdruckverteilung ist. Zeigen sich dennoch Unterschiede zwischen Tag und Nacht, sind dafür regionale und/oder örtliche Phänomene verantwortlich. Sie entwickeln sich um so besser, je schwächer die überregionalen Druckunterschiede sind. Hauptgründe für die kleineren Strömungssysteme sind stets thermische Besonderheiten. Dafür sind aber nur in Ausnahmefällen Temperaturunterschiede zwischen Stadt und Umland verantwortlich, vielmehr entstehen die thermisch induzierten Strömungen als Berg- und Talwinde im reliefierten Gelände. Bereits die Gesamtstatistik legt nahe, dass das Rheintal einen wesentlichen Einfluss auf das regionale Windfeld hat.

Durch eine Klassifizierung nach Tageszeiten, wie sie in Abb. 15 vorgenommen wurde, lässt sich die Frage beantworten, ob es tatsächlich thermisch induzierte Strömungen gibt. Dafür wurden die Messergebnisse in zwei jeweils 6 Stunden umfassende Datenkollektive (tagsüber 10 bis 16 Uhr, nachts 22 bis 4 Uhr, jeweils Mitteleuropäische Zeit MEZ) unterteilt. Abbildung 16 enthält die Veränderungen zwischen tagsüber und nachts in Form von Säulendiagrammen. Für den Richtungssektor OSO werden die größten Schwankungen zwischen tagsüber und nachts ermittelt. Tagsüber kommt der Wind im Jahresdurchschnitt in 14% aller Fälle aus dieser Richtung, nachts steigt die Häufigkeit um 15,7% auf 29,7% an. Auch der Sektor Ost kann seine Anteile in den Nachtstunden erhöhen, hier steigt die relative Häufigkeit von 5,4% tagsüber um 7,1% auf 12,5% nachts, wodurch dieser Sektor in den Nachtstunden Rang 2 belegt. Alle anderen Sektoren weisen nachts geringere relative Häufigkeiten als tagsüber auf. Am stärksten ist die Veränderung hier mit jeweils fast 6% in den Sektoren West und WNW. Diese starken Veränderungen sind wesentliche Indizien für lokale und regionale Luftströmungen. Einerseits folgt die nächtliche Strömung häufig als Bergwind dem Rheintal,

andererseits existieren auch Hangabwinde vom Siebengebirge, die in den kleinen Tälern kanalisiert und dadurch beschleunigt werden.

Da für die Entwicklung solcher thermisch induzierter Windsysteme die Intensität der Energieumsätze innerhalb der bodennahen Luftschicht entscheidend ist, erfolgt zusätzlich zum Gesamtkollektiv eine Auswertung der Sommermonate, und zwar zunächst für den kompletten Zeitraum 1975-2013. Während sich die Windrosen der Abb. 15 und 17 auf den ersten Blick ähnlich sehen, werden die Unterschiede anhand der Säulendiagramme deutlicher (Abb. 16, 18). Die Veränderungen an der relativen Häufigkeit betragen für die Sektoren Ost und OSO zusammen mehr als 30%. Auch für die Sektoren SSO und Süd werden Zuwächse registriert. Die tagsüber dominanten Richtungen WNW (16,1%) und West (15,3%) verlieren erheblich an Bedeutung. Im Vergleich zu tagsüber sinkt der Anteil für den Sektor WNW um mehr als 10%, für den Sektor West um 8,4%, für NNW um 6,5% und für WSW um 4,1%. In der Summe sind dies knapp 30%. Somit dreht der Wind in vielen Fällen um 180 Grad, markanter kann ein Richtungswechsel nicht sein. Beschränkt man das Datenkollektiv auf den Zeitraum 1995-2013 und auf die Hochsommermonate Juni bis August, intensivieren sich die genannten Phänomene noch. In 31,8% ist hierbei der Sektor OSO an der nächtlichen Windstatistik beteiligt, tagsüber sackt sein Anteil um 15,7% auf 14,0%. Auch die Zunahme der nächtlichen Ostwinde fällt mit 7,1% höher aus als im Gesamtzeitraum. Das bedeutet, je größer die Wärmeumsätze in der bodennahen Luftschicht sind, um so stärker entwickeln sich die thermisch induzierten Windsysteme. Wegen der stabilen Atmosphärensichtung während der Nachtstunden entwickeln sich Bergwinde häufiger und intensiver als die tagsüber aus ähnlichen Gründen zu beobachtenden Talwinde bzw. Hangaufwinde. Die nächtlichen Bergwinde verfügen über ausschließlich positive Wirkungen auf das Lokalklima in den Talbereichen. Hier führen sie kühlere und in der Regel auch saubere Luft von den offenen oder nur dünn besiedelten Außenbereichen in die bei sommerlichen Strahlungswetterlagen überwärmten Stadtquartieren. Die Ergebnisse der nur wenig nördlich der Troisdorfer Stadtgrenze gelegenen Wetterstation werden in die kleinklimatische Beurteilung integriert.

3. Beurteilung der Plangebiete

Die stadtklimatische Beurteilung der fünf Untersuchungsbereiche erfolgt in drei Arbeitsschritten. Dazu wurden von Seiten der Stadt Troisdorf folgende Materialien zur Verfügung gestellt:

Georeferenzierte Luftbilder für die fünf Untersuchungsbereiche im TIF-Rasterformat

Digitale Grundkarten (DGK5) für die fünf Untersuchungsbereiche im TIF-Rasterformat

Vektordaten des Flächennutzungsplanes für die fünf Untersuchungsbereiche im shp-Format

Digitales Geländemodell im 50x50m-Raster (DGM50) als x,y,z Koordinaten im txt-Format

3.1 Ausweisung klimarelevanter Strukturen

Nach umfangreichen manuellen Konvertierungsschritten konnten anhand der Vektordaten die Karten die "klimarelevanten Strukturen" für die fünf Untersuchungsbereiche abgeleitet werden. Auf der Basis der durch den Flächennutzungsplan vorgegebenen Klassifizierung wurden folgende Typen gebildet:

Fläche für den Gemeinbedarf (meist bebaut mit größeren Gebäuden, z.B. Krankenhaus, Schule, Kindergarten, teilweise verbunden mit größeren Freiflächen, z.B. Parkanlagen, Sportplätze)

Waldartige Bereiche (meist kleinere Parzellen, nur teilweise geschlossene Waldbestände)

Gemischte Bauflächen (meist bebaut mit größeren Gebäuden, Mischung von Wohn- und Gewerbebereichen, Grünbereiche in der Regel klein)

Gewerbegebiete (meist bebaut mit Hallen, teilweise Lagerflächen, ohne nennenswerte Grünanteile)

Grünflächen (vorrangig Grünlandnutzung, teilweise lockerer Baumbestand)

Sonderbauflächen (meist bebaut mit größeren Gebäuden, z.B. Krankenhaus, Schule, Kindergarten, teilweise verbunden mit größeren Freiflächen, z.B. Parkanlagen, Sportplätze)

Bahnanlagen (meist linienförmige Gleiskörper, in der Regel geschottertes Gleisbett)

Durchgangsstraßen (Straßen mit überörtlicher oder regionaler Bedeutung, auch mehrspurig (BAB 59))

Steh- und Fließgewässer (kleine Fließgewässer, Baggerseen, teilweise mit Freizeitnutzung)

Wohnbauflächen (häufig Einfamilienhausbebauung, teilweise mit großem Grünanteil, selten Blockbebauung mit geringem Grünanteil)

Landwirtschaftliche Nutzflächen (meist Offenland ohne größeren Gehölzbestand)

Für den Untersuchungsbereich 1 ergibt sich folgendes Bild. Die zu beurteilende Fläche ist vollständig als landwirtschaftliche Nutzfläche ausgewiesen. Dies gilt auch für die angrenzenden Offenlandbereiche. Die bebauten Bereiche sind großflächig als Wohnbauflächen charakterisiert. Im Osten gibt es eine bebaute Fläche, die als Fläche für den Gemeinbedarf ausgewiesen ist und auf der sich ein Schulgebäude, ein Kindergarten sowie eine Turnhalle befinden. Im Nordosten befindet sich ein Gewerbegebiet, in dem größere Hallenbereiche sowie Lagerflächen vorhanden sind. Im Westen des Untersuchungsbereiches verläuft mit der L 269 eine Straße mit überregionaler Bedeutung.

Der Untersuchungsbereich 2 ist in drei Teilflächen untergliedert. Die drei Bereiche sind komplett als landwirtschaftliche Nutzflächen dargestellt. Das umgebende Offenland wird ebenfalls landwirtschaftlich genutzt. Nach Osten schließen sich größere, meist als Wohnbauflächen genutzte Areale an. Eingestreut sind Schulen, Kindergarten, Feuerwehr und öffentliche

Flächen, die als Flächen für den Gemeinbedarf dargestellt sind. Zwischen den Plangebieten 2b und 2c verläuft die L 332 als Straße mit überörtlicher Bedeutung.

Auf den Flächen des Untersuchungsbereiches 3, der ebenfalls in drei Teilflächen untergliedert ist, befinden sich teilweise schon lockere bauliche Nutzungen, die vorhandene Einzelhausbebauung verfügt über große Hausgärten. Die nach Südwesten an die Teilfläche 3c angrenzende Parzelle ist als Gewerbegebiet ausgewiesen, aktuell befindet sich dort nur ein größeres Gebäude. Im Süden befinden sich auf einer Fläche für den Gemeinbedarf ein Krankenhaus mit großzügiger Parkanlage, im Norden ein Berufsschulzentrum mit Turnhalle und Sportplatz. Ansonsten wird die Umgebung des Untersuchungsraumes durch überwiegend landwirtschaftlich genutztes Offenland geprägt.

Beim Untersuchungsraum 4 handelt es sich um 4 Teilräume. Der derzeit landwirtschaftlich genutzte Teilraum 4b liegt westlich der A59, weiter westlich schließt sich Wohnbebauung an. Auf der Westseite der Autobahn verlaufen mehrere Hochspannungsleitungen, die Flächen sind landwirtschaftlich genutzt. Die Flächen 4a und c, die sich östlich der Autobahn befinden, sind ebenfalls unbebaut. Im Süden von 4c liegt eine kleine Waldparzelle, im Osten schließt sich Wohnbebauung an. Lockere Bebauung zur Wohnnutzung befindet sich auch angrenzend an den Teilraum 4a. Rund um den nördlichen Teilraum 4c ist das Gelände landwirtschaftlich genutzt.

Der Untersuchungsbereich 5 ist bisher ausschließlich landwirtschaftlich genutzt, in Richtung SSW und im Osten schließen sich Wohnbauflächen an.

3.2 Lokale und regionale Windsysteme

Anhand der Windstatistiken der Amtlichen Wetterstation am Flughafen Köln-Bonn konnte nachgewiesen werden, dass die Windverhältnisse im Stadtgebiet von Troisdorf maßgeblich durch lokale und regionale Luftströmungen beeinflusst werden. Die Kanalisierung durch das Rheintal ist dabei den Windrosen der Stationen Düsseldorf Flughafen und Flughafen Köln Bonn zu entnehmen. Der Bergwind äußert sich im hohen Anteil der nächtlichen Strömungen aus den Sektoren SSO und OSO. Verantwortlich für die nächtliche Häufigkeitszunahme im Sektor Ost sind hingegen lokale Windsysteme, die sich als Hangabwinde von den Randhöhen bis ins Rheintal hinein auswirken. Somit wird das Stadtgebiet von Troisdorf vorzugsweise bei sommerlichen Hochdruckwetterlagen von einem sehr wirksamen Bergwindssystem im Rheintal überströmt. Das Bergwindssystem wird durch die dicken blauen Pfeile in Karte 6 visualisiert. Die schlankeren dunkelblauen Pfeile signalisieren die Leitbahnen innerhalb der Bachtäler sowie vermutete flächenhafte Hangabwinde. Ihre Häufigkeit und Intensität könnte durch weitere Untersuchungen (Messungen, gegebenenfalls in Verbindung mit Modellrechnungen) verifiziert werden.

Das aus den Höhendaten abgeleitete digitale Geländemodell veranschaulicht die orographischen Verhältnisse im Stadtgebiet und den angrenzenden Bereichen und dient der empirischen Ableitung der lokalen und regionalen Strömungsverhältnisse.

3.3 Ausweisung von Klimatopen

Hierbei findet die Methode der Ausweisung von Klimatopen Anwendung, die seit mehr als 30 Jahren Bestandteil klassischer Stadtklimaanalysen ist. Klimatope beschreiben Gebiete mit ähnlichen kleinklimatischen Ausprägungen. Hauptkriterien sind die reale Flächennutzung und insbesondere Art und Umfang der Bebauung. Demzufolge sind Klimatope nach den jeweiligen dominanten Flächennutzungsarten bzw. nach den baulichen Nutzungen benannt. Details legt die VDI Richtlinie 3787 fest. Mit Hilfe der Luftbilder werden die Flächen der klima-

relevanten Strukturen zu sechs Klimatop-Typen zusammengefasst. Hinzu kommt als linienartige Struktur das Verkehrsflächenklimatop.

Gewässer-Klimatop

Das Gewässerklimatop hat gegenüber der unmittelbaren Umgebung einen ausgleichenden thermischen Einfluss, was sich in Form von leicht reduzierten Tagesgängen der Lufttemperatur äußert. Je größer die Wasserflächen sind, um so stärker prägt sich das eigenständige Klima aus. Fließgewässer begünstigen wegen ihrer geringen Oberflächenrauigkeit den lokalen Luftaustausch, sie dienen als Luftleitbahnen lokaler Kaltluftabflüsse. Stehgewässer reichern die Luft zusätzlich mit Wasserdampf an, die Nebelneigung kann dadurch zunehmen.

Offenland-Klimatop

Offenland-Klimatope sind durch extreme Tagesgänge der Lufttemperatur geprägt, real handelt es sich um ausgedehnte Wiesen- und Ackerflächen, auf denen nur wenige gehölzartige Strukturen vorhanden sind. Sie wirken vor allem nachts als Kaltluftentstehungsgebiete und übernehmen dadurch bei hochsommerlichem Wetter die Klimafunktion von thermischen Ausgleichsflächen, insbesondere dann, wenn sie unmittelbaren Kontakt zu bioklimatischen Lastflächen haben. Ihre geringe Oberflächenrauigkeit bietet gute Voraussetzung für ungestörte Strömungsverhältnisse, insbesondere auch bei schwacher Luftbewegung.

Waldklimatop

Waldklimatope sind durch Windruhe und Schatten geprägt. Die Folge sind gedämpfte Tagesgänge der Lufttemperatur. Tagsüber sind Waldbereiche im Sommer angenehm kühl. Nachts leisten sie jedoch kaum Beiträge zur Abkühlung. Lufthygienisch stellen sie Filterräume für Luftschadstoffe dar. Größere baumbestandene Parkanlagen, wie z.B. Friedhöfe, sind daher insbesondere tagsüber Erholungsräume für den Menschen.

Stadtrandklimatop

Hier dominieren Flächen mit offener, ein- bis dreigeschossiger Bebauung und noch reichhaltiger Durchgrünung. Gegenüber dem Offenland-Klima sind die Klimaelemente leicht modifiziert. Insbesondere bei der nächtlichen Abkühlung ist der Temperaturrückgang gedämpft, Regionalwinde können diese Bereiche überströmen, schwächere lokale Windsysteme werden hingegen mäßig bis stark beeinträchtigt.

Gewerbeklimatop

Das Gewerbeklimatop entspricht im wesentlichen dem Stadtrandklimatop, jedoch ist Überwärmung in Verbindung mit Störungen des örtlichen Windfeldes vielfach stärker ausgeprägt. Zufahrtsstraßen mit hohem Verkehrsaufkommen, hohe Emissionen auf Lagerflächen und die Wärmeabstrahlung großer Hallenkomplexe beeinträchtigen zusätzlich das örtliche Klima. Öffentliche Gebäude werden aufgrund ihrer Mehrgeschossigkeit und ihrer größeren Baukörpervolumen ebenfalls dem Gewerbeklimatop zugeordnet.

Verkehrsflächenklimatop

In thermischer Hinsicht werden Verkehrsflächenklimatope in der Regel durch die Klimatope der Umgebung beeinflusst, d.h. im Offenlandbereich stören sie nur in geringem Umfang das thermisch-hygrische Verhalten, im bebauten Bereich verfügen sie über dieselben kleinklima-

tischen Wirkungen wie ihre Umgebung. Belastungen entstehen hier vor allem durch Verkehrsemissionen. Bei hohen nächtlichen Verkehrsstärken beeinträchtigen die KFZ-Emissionen die Qualität von Kaltluftleitbahnen.

Der Untersuchungsraum 1 wird dem Offenlandklimatop zugeordnet. Dazu gehören auch alle angrenzenden Freiflächen. Alle Wohnbereiche werden aufgrund ihrer Struktur dem Typ Stadtrandklimatop zugerechnet. Negativere Eigenschaften weisen die Gewerbebereiche auf. Hier ist mit stärkeren Überwärmungsraten tagsüber wie nachts zu rechnen, weniger intensiv trifft das auf das Schulgelände zu.

Die Auswertung der Luftbilder führt im Untersuchungsraum 2 dazu, dass die Wohnbebauung insgesamt als Stadtrandklimatop bezeichnet wird. Im sich südlich anschließenden Wohnquartier gibt es etwas höhere Grünanteile als im Nordbereich. Auch unter Berücksichtigung der nächtlichen Bergwindssysteme ist von einer etwas stärkeren Überwärmung im nördlichen Wohnquartier auszugehen. Der Bereich der Kiesgrube wurde dem Gewerbeklimatop zugeordnet, weil hier weitgehend eine klimausgleichende Vegetationsfläche fehlt und die Gefahr von Staubaufwirbelungen, resultierend aus stärkerer Überwärmung besteht. Ansonsten herrschen Flächen mit Offenlandcharakter vor, die in der Summe größere Mengen nächtlicher Kaltluft produzieren können und die vorhandenen nächtlichen Bergwinde mit zusätzlicher Kaltluft anreichern.

Auch im Umfeld des Untersuchungsraumes 3 herrschen relativ günstige kleinklimatische Bedingungen. Die Wohnquartiere verfügen über hohe Grünflächenanteile, bei den Offenlandbereichen handelt es sich um klimatische Gunsträume, vor allem hinsichtlich ihrer nächtlichen Abkühlungsleistung und ihrem geringen Störpotential bezüglich der Überströmbarkeit für lokale und regionale Windsysteme.

Im Untersuchungsraum 4 sind die Teilräume unterschiedlich zu beurteilen. Teilraum 4a grenzt an ein locker bebautes Wohnquartier der Klimatopklasse Stadtrand an, die Flächen 4b und 4c liegen unmittelbar neben einem ebenfalls zum Typ Stadtrandklimatop gehörenden Wohnquartier. Hier wirken möglicherweise die Offenlandbereiche als thermische Ausgleichsflächen. Die kaum vorhandenen Höhenunterschiede lassen jedoch nur mikroklimatisch wirksame Flurwindssysteme zu, Detailuntersuchungen könnten besser abgesicherte Erkenntnisse über die örtlichen Klimaverhältnisse liefern .

Der Untersuchungsbereich 5 ist einerseits umgeben von großen Offenlandbereichen, die ihrerseits an weitgehend klimatisch unbelastete Wohnbereiche angrenzen. Die Offenlandbereiche haben neben ihrer hauptsächlichen Klimafunktion eines Kaltluftentstehungsgebietes auch die Aufgabe eines Kaltluftdurchzugsraumes.

4. Planungshinweise

In diesem Arbeitsschritt sind die Auswirkungen zusätzlicher Versiegelungen zu beurteilen. Hier sind Größe und Art der geplanten Bebauung genauso wichtig wie ihre Lage in vorhandenen Luftschneisen und ihre Zuordnung zu vorhandenen thermischen Lastgebieten.

Die Ergebnisse lauten in Stichworten:

Bereich 1:

Größe des Plangebietes 2,0 ha

Bisherige Klimafunktion: lokale Bildung von nächtlicher Kaltluft im Zusammenhang mit angrenzenden Freiflächen, jedoch aufgrund der weitgehend fehlenden Reliefunterscheide ohne oder nur geringe thermische Ausgleichsleistung für angrenzende Wohnbereiche

Zukünftige Klimafunktion: Ausbildung eines Stadtrandklimas im Zusammenhang mit den angrenzenden Wohnbereichen

Auswirkungen der neuen Klimafunktion: keine nachweisbaren Veränderungen des Kleinklimas im Umfeld der Neuplanung, im Plangebiet selbst Verlust der nächtlichen Kaltluftproduktionsfläche, keine oder sehr geringe Beeinträchtigung des Regionalwindsystems

Planungshinweise: Bauweise dem Typ der angrenzenden Wohngebiete anpassen, Verbleibende Offenlandbereiche möglichst erhalten

Bereich 2:

Größe der Teilräume

Fläche 2a 3,5ha

Fläche 2b 1,2ha

Fläche 2c 2,7 ha

Bisherige Klimafunktion: lokale Bildung von nächtlicher Kaltluft im Zusammenhang mit angrenzenden Freiflächen

Zukünftige Klimafunktion: Ausbildung eines Stadtrandklimas im Zusammenhang mit den angrenzenden Wohnbereichen

Auswirkungen der neuen Klimafunktion: bei den Teilräumen 2b und 2c keine nachweisbaren Veränderungen des Kleinklimas im Umfeld der Neuplanung, im Plangebiet selbst Verlust der nächtlichen Kaltluftproduktionsfläche. Aufgrund der Größe von Teilraum 2a sind messtechnisch nachweisbare Veränderungen des Kleinklimas nicht auszuschließen. Der Teilraum ragt nach Westen relativ weit in die potenzielle Luftschneise hinein, deren Flurwindfunktion dadurch geringfügig eingeschränkt werden könnte. Für das Regionalwindsystem im Rheintal sind hingegen keine messbaren Veränderungen zu erwarten.

Planungshinweise Bauweise dem Typ der angrenzenden Wohngebiete anpassen, Verbleibende Offenlandbereiche möglichst erhalten.

Bereich 3:

Größe der Teilräume

Fläche 3a 3,4ha

Fläche 3b 3,1ha

Fläche 3c 3,2ha

Bisherige Klimafunktion: lokale Bildung von nächtlicher Kaltluft im Zusammenhang mit angrenzenden Freiflächen, in den Teilräumen 3a und 3b bereits teilweise eingeschränkt durch die vorhandene Bebauung

Zukünftige Klimafunktion: Ausbildung eines Stadtrandklimas im Zusammenhang mit den angrenzenden Wohnbereichen

Planungshinweise: Bauweise dem Typ der angrenzenden Wohngebiete anpassen, Verbleibende Offenlandbereiche möglichst erhalten, insbesondere, um die Leistungsfähigkeit des Regionalwindsystems zu erhalten

Bereich 4:

Größe der Teilräume

Fläche 4a 4,1ha

Fläche 4b 5,2ha

Fläche 4c 10,0ha

Bisherige Klimafunktion: lokale Bildung von nächtlicher Kaltluft im Zusammenhang mit angrenzenden Freiflächen, Unterstützung der Klimafunktion des Regionalwindsystems insbesondere im Bereich des Teilraumes 4c

Zukünftige Klimafunktion: Ausbildung eines Stadtrandklimas im Zusammenhang mit den angrenzenden Wohnbereichen, geringe lokal beschränkte Beeinträchtigung des Regionalwindsystems nicht ausgeschlossen

Planungshinweise: Bauweise dem Typ der westlich angrenzenden Wohngebiete anpassen, Verbleibende Offenlandbereiche möglichst erhalten, insbesondere, um die Leistungsfähigkeit des Regionalwindsystems zu erhalten

Bereich 5

Größe des Plangebietes 2,0ha

Bisherige Klimafunktion: lokale Bildung von nächtlicher Kaltluft im Zusammenhang mit angrenzenden Freiflächen

Zukünftige Klimafunktion: Ausbildung eines Stadtrandklimas im Zusammenhang mit den angrenzenden Wohnbereichen

Auswirkungen der neuen Klimafunktion: keine nachweisbaren Veränderungen des Kleinclimas im Umfeld der Neuplanung, im Plangebiet selbst Verlust der nächtlichen Kaltluftproduktionsfläche, keine oder sehr geringe Beeinträchtigung des Regionalwindsystems

Planungshinweise: Bauweise dem Typ der angrenzenden Wohngebiete anpassen,

5. Zusammenfassung

Kapitel 1 geht kurz auf die Historie stadtklimatologischer Untersuchungen im Stadtgebiet von Troisdorf ein. Die Untersuchungen des Deutschen Wetterdienstes in den Jahren 1996/97 kamen zu dem Ergebnis, dass die topographische Situation häufig zu lokalen Windverhältnissen führt. Die Überwärmungen der bebauten Bereiche wurden als wenig intensiv beschrieben. Die neue Untersuchung basiert einerseits auf langjährigen Wetterbeobachtungen, andererseits auf der Methodik der Ausweisung von Klimatopen, die seit mehr als 30 Jahren ein klassisches Instrument der angewandten Stadtklimatologie ist.

Kapitel 2 stellt ausführlich die zeitliche Entwicklung der wesentlichen Klimaelemente Lufttemperatur und Wind vor. Die seit 1958 am Flughafen Köln-Bonn gemessenen Wetterdaten sind dafür eine ausgezeichnete Basis. Die Auswertungen ergaben, dass die langjährige Jahresmitteltemperatur im Zeitraum 1958-1987 um 0,9°C niedriger war als im Zeitraum 1988-2013. 2003 wurde mit 38,8°C die höchste Temperatur seit Beginn der Wetteraufzeichnungen gemessen. Im selben Jahr stieg die Lufttemperatur an mehr als 70 Tagen über 25°C, wärmer als 30°C wurde es an 21 Tagen. Auch die Nächte waren in diesem Jahr außergewöhnlich mild, in 46 Fällen blieb es nachts wärmer als 15°C. Für alle Temperaturkenngrößen ergibt der lineare Trend eine zunehmende Wärmebelastung, gleichzeitig sind Tage mit Frost und/oder Schneedecke auf dem Rückzug. Bezüglich des Windvektors wurden die Hinweise aus dem Wetterdienstgutachten aufgegriffen und tageszeitenabhängige Windrosen berechnet; mit Messergebnissen aus dem Zeitraum 1975-2013 liegt eine statistisch abgesicherte Datenreihe vor. Im Vergleich "tagsüber-nachts" nimmt die Häufigkeit von Anströmrichtungen zwischen Ost und Süd während der Nachtstunden deutlich zu. Diese teilweise regionalen, teilweise lokalen Zirkulationssysteme werden durch lokale thermische Unterschiede ausgelöst, sie werden als Kaltluftbewegungen interpretiert und sind somit planungsrelevante Phänomene, die in überwärmten Bereichen für eine bioklimatisch bedeutsame Abkühlung sorgen können.

Kapitel 3 dient der stadtklimatischen Einordnung der fünf Untersuchungsräume. Da keine Messungen zur Verfügung stehen, erfolgt die Klassifizierung anhand der realen Nutzung. Klimarelevante Strukturen werden auf der Basis der im Flächennutzungsplan vorhandenen Nutzungstypen ausgewiesen, für die Klimatope wird zusätzlich aktuelles Luftbildmaterial verwendet. Die Unterscheidung der Klimatope wird anhand der in der VDI Richtlinie 3787 vorgegebenen Klassifizierung vorgenommen. Im Ergebnis werden die im Umfeld der Untersuchungsräume gelegenen Wohngebiete aufgrund ihrer relativ aufgelockerten Bebauungsstruktur dem Klimatop Stadtrandklima zugeordnet, das heißt, ihre aktuelle Überwärmungsrate im Vergleich zum Offenland wird als gering bis mäßig eingestuft. Gewerbegebiete werden aufgrund ihres höheren Versiegelungsgrades als stärker überwärmt dargestellt. Bei den Freilandklimatopen handelt es sich mehrheitlich am landwirtschaftlich genutzte Flächen, geschlossene Waldgebiete sind kaum vorhanden. Aufgrund der Flächengröße der Offenlandbereiche haben diese meist die Funktion von lokalen Kaltluftentstehungsgebieten, die unterstützend auf die lokalen und regionalen Kaltluftabflüsse wirken.

Im Kapitel 4 werden konkrete Planungshinweise für insgesamt 11 Flächen in fünf Untersuchungsgebieten gegeben. Aus zahlreichen Studien sind allgemeine Ziele für stadtklimatisch günstige Planungen von neu zu errichtenden Siedlungsgebieten bekannt. Wie die Auswertungen der Wetterbeobachtungen am Flughafen Köln-Bonn ergeben haben, ist die thermische Belastung regional betrachtet relativ hoch. Ihr Niveau ist durch die überregional stattfindende Erwärmung in den letzten Jahrzehnten noch gestiegen. Wissenschaftliche Studien zeigen, dass die Werte des Rekordsommers 2003 noch in diesem Jahrhundert zum Regelfall werden können. Im Rheintal herrschen außerdem insgesamt relative schlechte Durchlüftungsverhältnisse, die sich in niedrigen Windgeschwindigkeiten und häufigen Inversionswet-

terlagen äußern. Von Vorteil ist, dass sich unter diesen Rahmenbedingungen häufig lokale und regionale Windsysteme entwickeln. Im Sommer bedeutet dies, dass Offenlandbereiche bei geringer großräumiger Zirkulation und klarem Himmel zu nächtlichen Kaltluftentstehungsflächen werden. Bei ausreichender Reliefenergie kommen diese Luftmassen quasi von selbst in Fluss, Hänge und Talräume werden zu Kaltluftabflussgebieten. Neubaugebiete sollten solche natürlichen Systeme möglichst gar nicht oder nur in geringem Umfang beeinträchtigen.

Da die Größe der zu beurteilenden Flächen mit Ausnahme des Bereiches 4 unter 5 Hektar liegt, sind hier keine oder zumindest keine messbaren Veränderungen der von Bauvorhaben tangierten Kaltluftabflüsse zu erwarten. Im Bereich 4 umfasst das östlich der Autobahn gelegene Plangebiet (Flächen 4a, 4c) zwar rund 14 Hektar, jedoch fungiert derzeit dieser Offenlandbereich wegen der fehlenden Reliefenergie nicht oder nur in sehr geringem Maße als thermischer Ausgleichsraum für die im Osten angrenzende Bebauung. Die Luftleitbahn entlang der Autobahn A59 unterstützt das Regionalwindssystem im Rheintal, wodurch lokale Flurwinde weitgehend unterdrückt werden.

Positiv ist außerdem zu bewerten, dass sich die neu auszuweisenden Siedlungsgebiete an bestehende bebaute Gebiete anschließen. Innerhalb der neuen Siedlungsbereiche wird sich ebenfalls ein Stadtrandklima entwickeln, das heißt das Temperaturniveau wird vor allem bei Strahlungswetterlagen im Vergleich zur aktuellen Nutzung ansteigen, insbesondere die Nächte werden milder.

Insgesamt bestehen keine fachlichen Bedenken gegen die Realisierung der Neubaugebiete.

Abbildungs- und Kartenverzeichnis

- Abbildung 1: Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen
- Abbildung 2: Entwicklung der mittleren Maximumtemperaturen
- Abbildung 3: Entwicklung der jährlichen Höchsttemperaturen
- Abbildung 4: Entwicklung der mittleren Minimumtemperaturen
- Abbildung 5: Entwicklung der jährlichen Tiefsttemperaturen
- Abbildung 6: Entwicklung der jährlichen Niederschlagssummen
- Abbildung 7: Entwicklung der jährlichen Sonnenscheindauer
- Abbildung 8: Entwicklung der Sommertage
- Abbildung 9: Entwicklung der Heißen Tage
- Abbildung 10: Entwicklung der Warmen Nächte
- Abbildung 11: Entwicklung der Frosttage
- Abbildung 12: Entwicklung der Tage mit strengem Nachtfrost
- Abbildung 13: Entwicklung der Tage mit Bodenfrost
- Abbildung 14: Entwicklung der Tage mit einer Schneedecke
- Abbildung 15: Windrichtungsstatistik "gesamt"
- Abbildung 16: Veränderungen im Kollektiv "gesamt"
- Abbildung 17: Windrichtungsstatistik "Sommer"
- Abbildung 18: Veränderungen im Kollektiv "Sommer"

- Karte 1: klimarelevante Strukturen im Untersuchungsbereich 1
- Karte 2: klimarelevante Strukturen im Untersuchungsbereich 2
- Karte 3: klimarelevante Strukturen im Untersuchungsbereich 3
- Karte 4: klimarelevante Strukturen im Untersuchungsbereich 4
- Karte 5: klimarelevante Strukturen im Untersuchungsbereich 5
- Karte 6: lokale und regionale Windsysteme
- Karte 7: Klimatope im Untersuchungsbereich 1
- Karte 8: Klimatope im Untersuchungsbereich 2
- Karte 9: Klimatope im Untersuchungsbereich 3
- Karte 10: Klimatope im Untersuchungsbereich 4
- Karte 11: Klimatope im Untersuchungsbereich 5
- Karte 12: Planungshinweise für den Untersuchungsbereich 1
- Karte 13: Planungshinweise für den Untersuchungsbereich 2
- Karte 14: Planungshinweise für den Untersuchungsbereich 3
- Karte 15: Planungshinweise für den Untersuchungsbereich 4
- Karte 16: Planungshinweise für den Untersuchungsbereich 5

Jahresmitteltemperaturen am Standort Flughafen Köln-Bonn

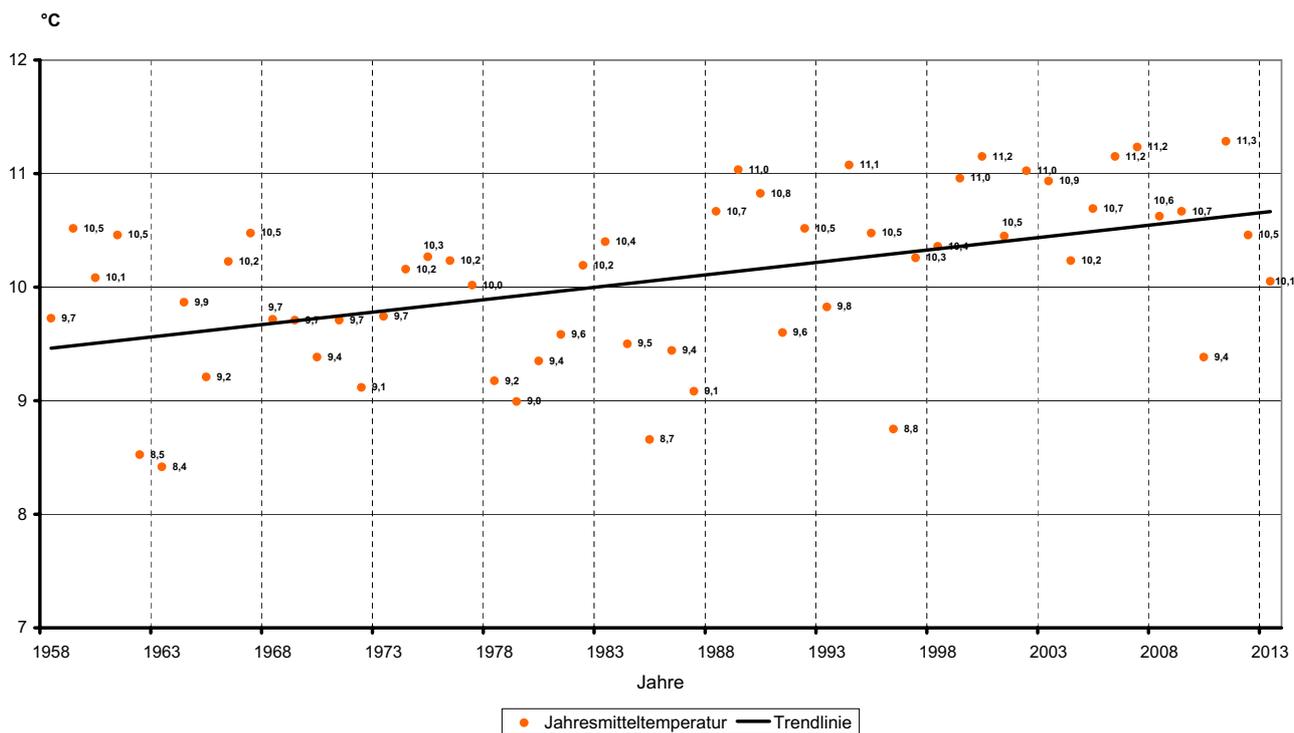


Abb. 1 Entwicklung der Jahresmitteltemperaturen

Mittlere Maximumtemperaturen am Standort Flughafen Köln-Bonn

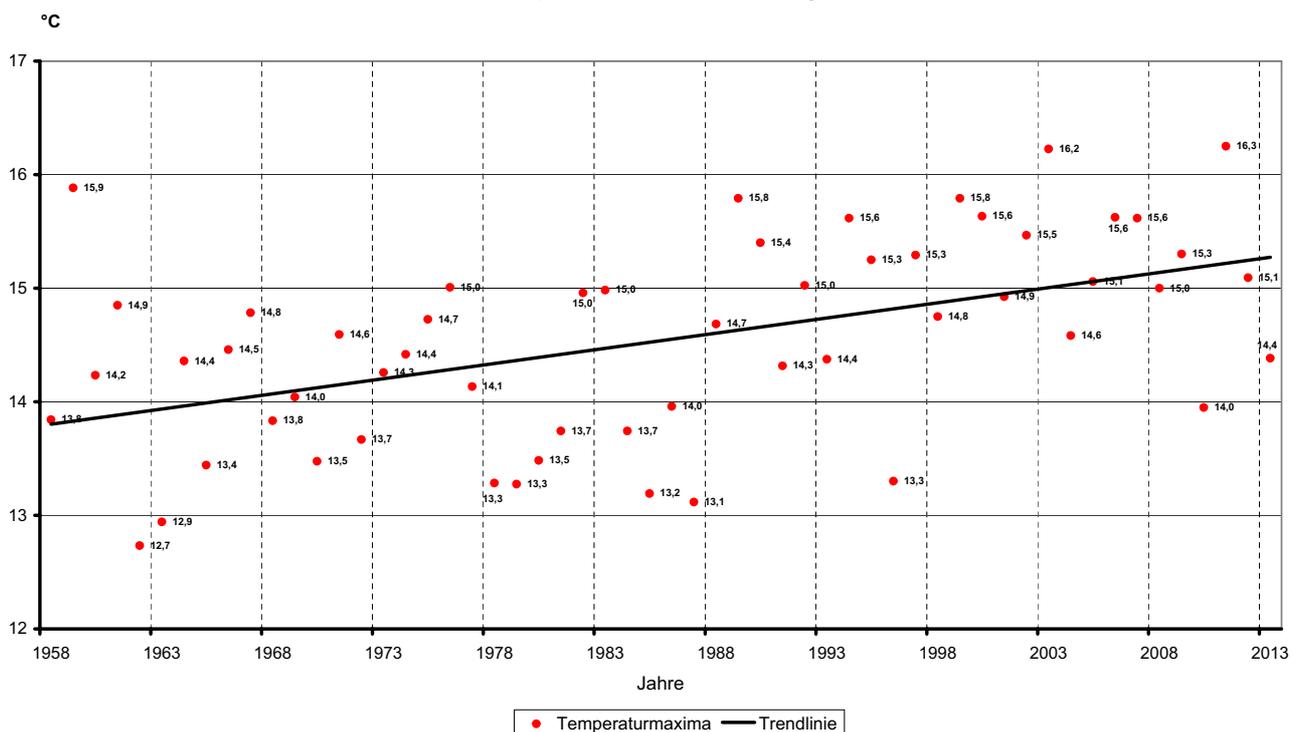


Abb. 2 Entwicklung der mittleren Maximumtemperaturen

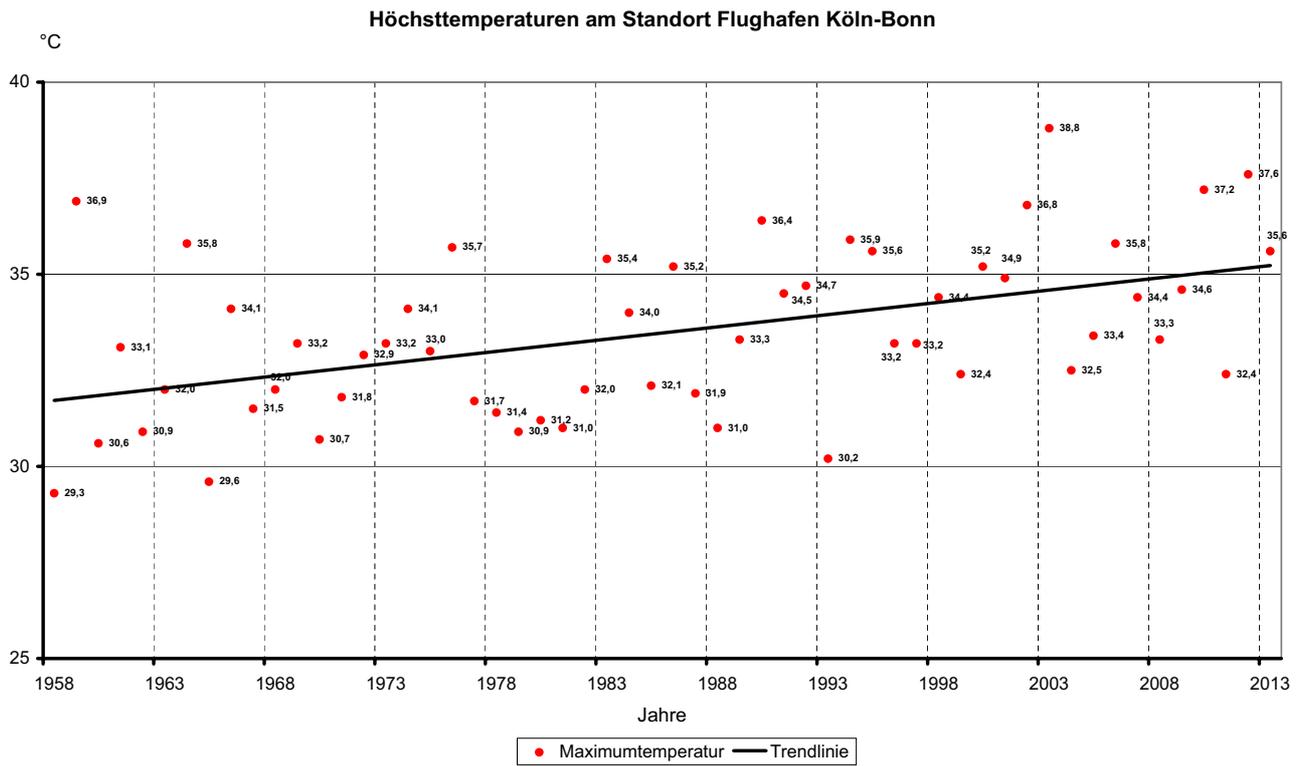


Abb. 3 Entwicklung der jährlichen Höchsttemperaturen

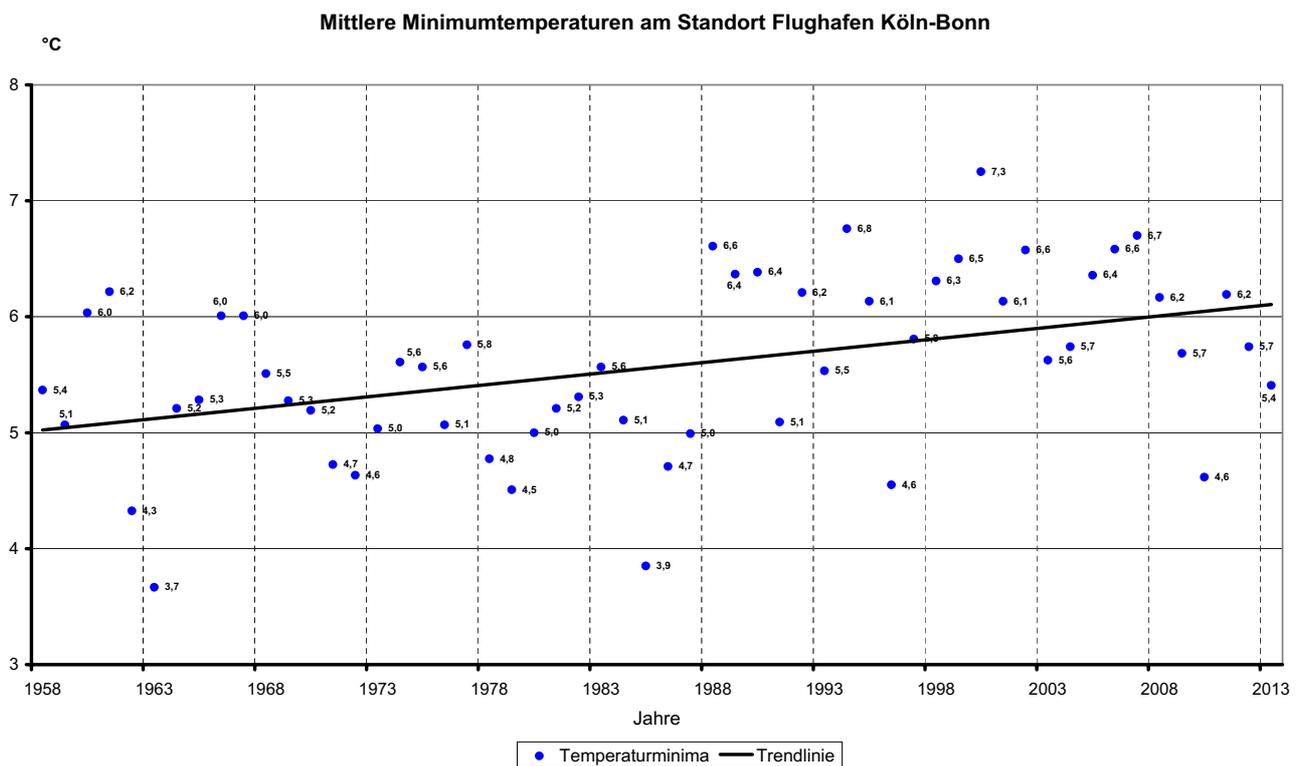


Abb. 4 Entwicklung der mittleren Minimumtemperaturen

Tiefsttemperaturen am Standort Flughafen Köln-Bonn

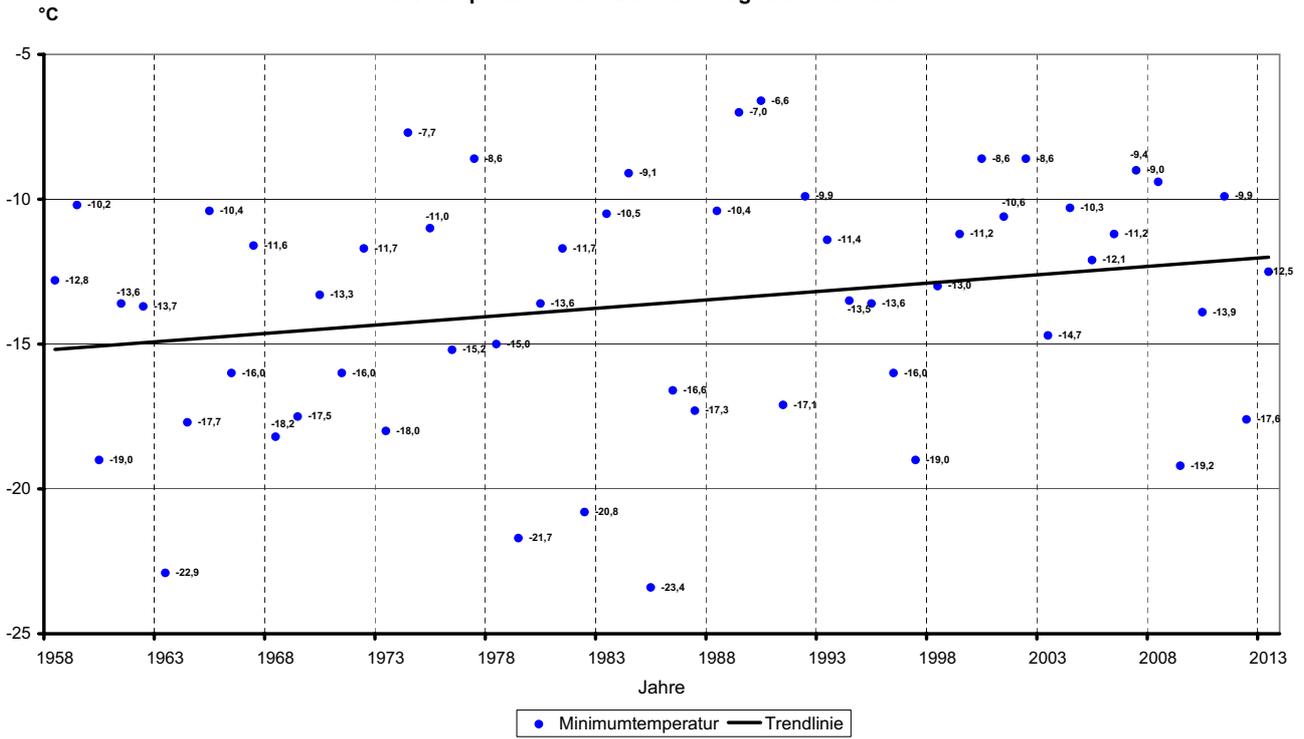


Abb. 5 Entwicklung der jährlichen Tiefsttemperaturen

Jahressummen des Niederschlags am Standort Flughafen Köln-Bonn

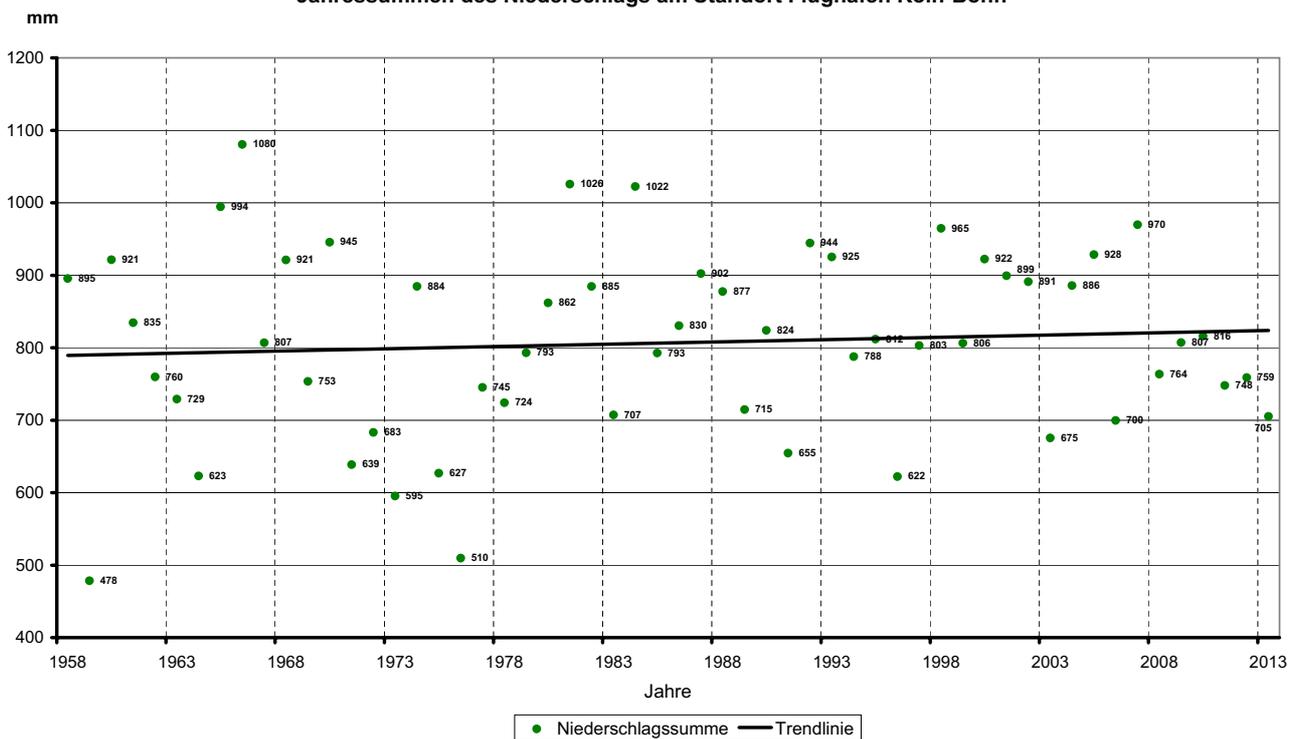


Abb. 6 Entwicklung der jährlichen Niederschlagssummen

Jahressummen der Sonnenscheindauer am Standort Flughafen Köln-Bonn

Stunden

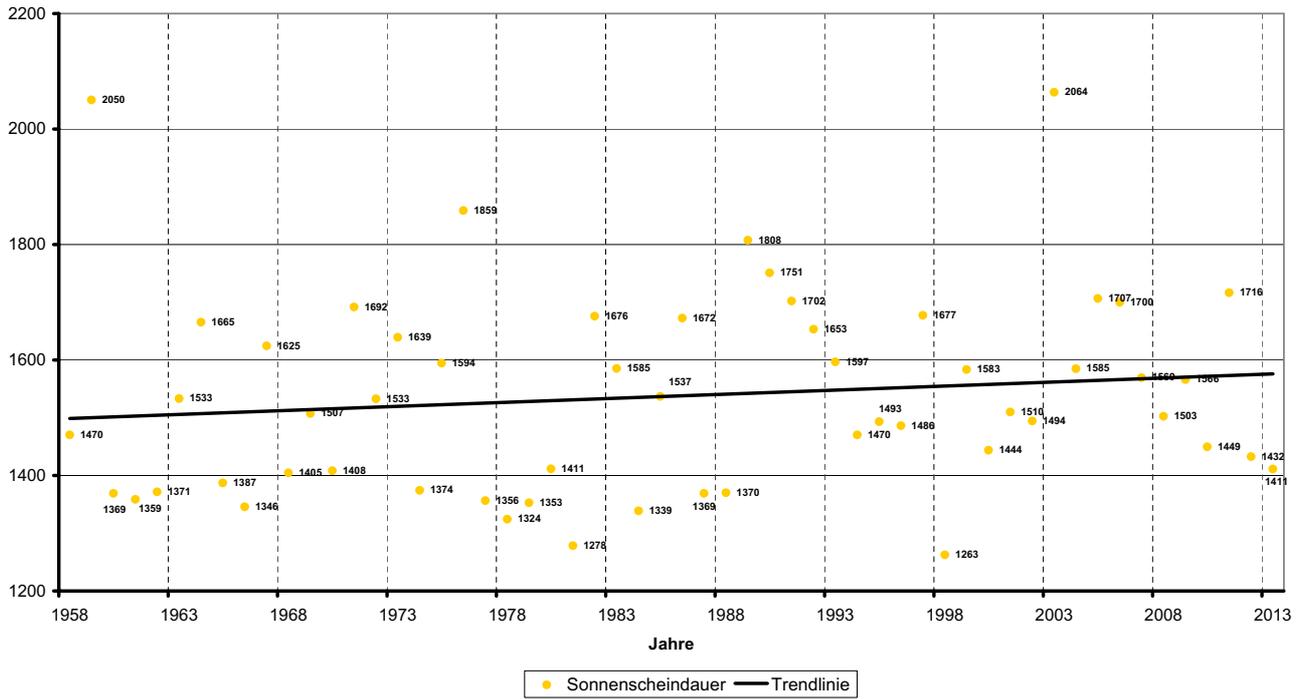


Abb. 7 Entwicklung der jährlichen Sonnenscheindauer

Anzahl der Sommertage (T > 25°C) am Standort Flughafen Köln-Bonn

Tage

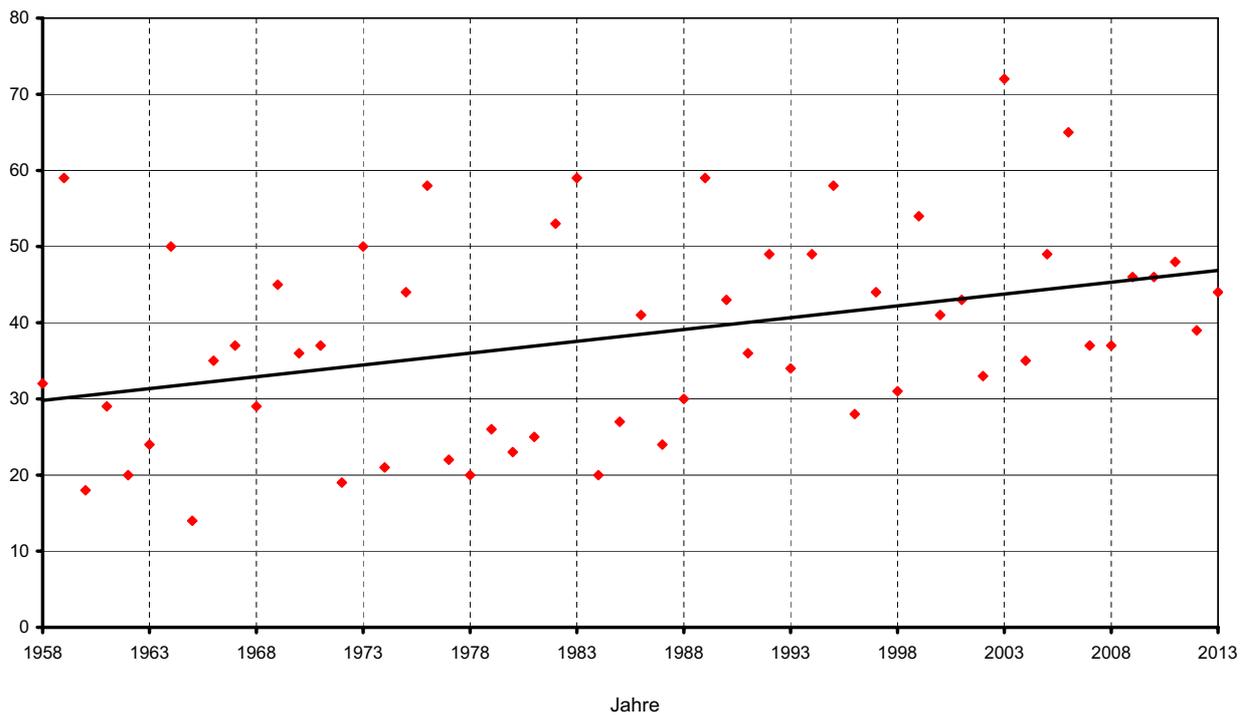


Abb. 8 Entwicklung der Sommertage

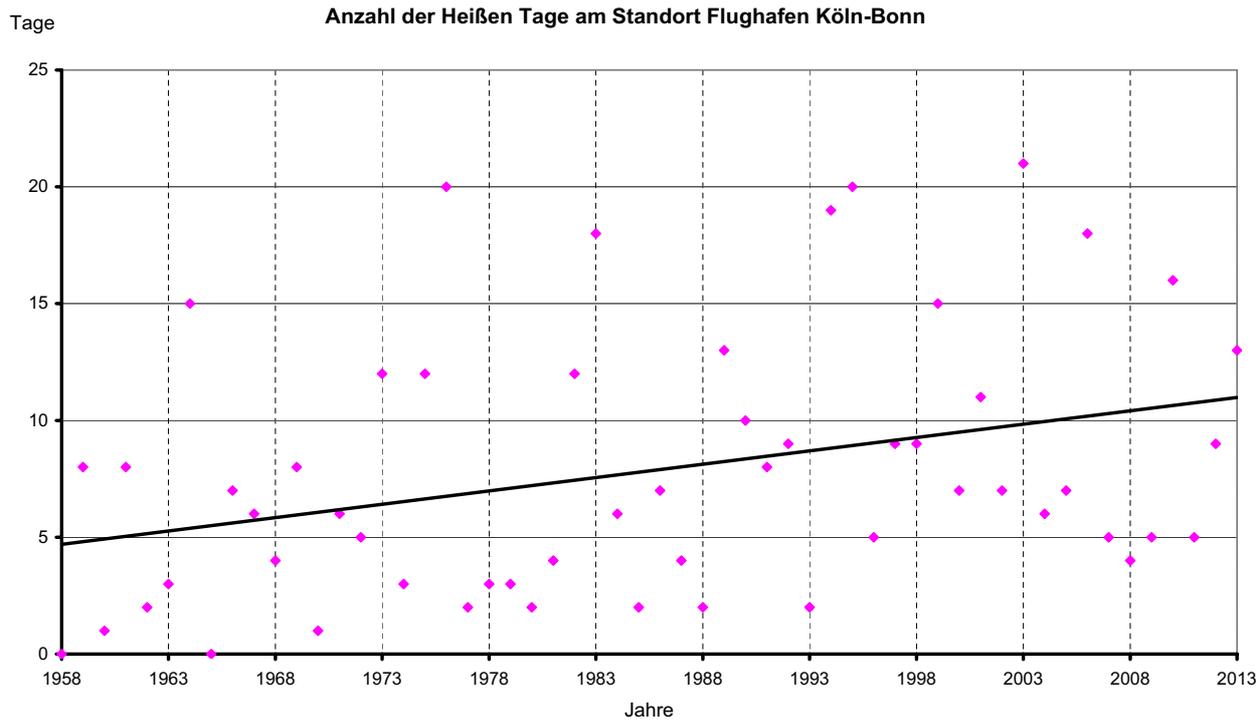


Abb. 9 Entwicklung der Heißen Tage

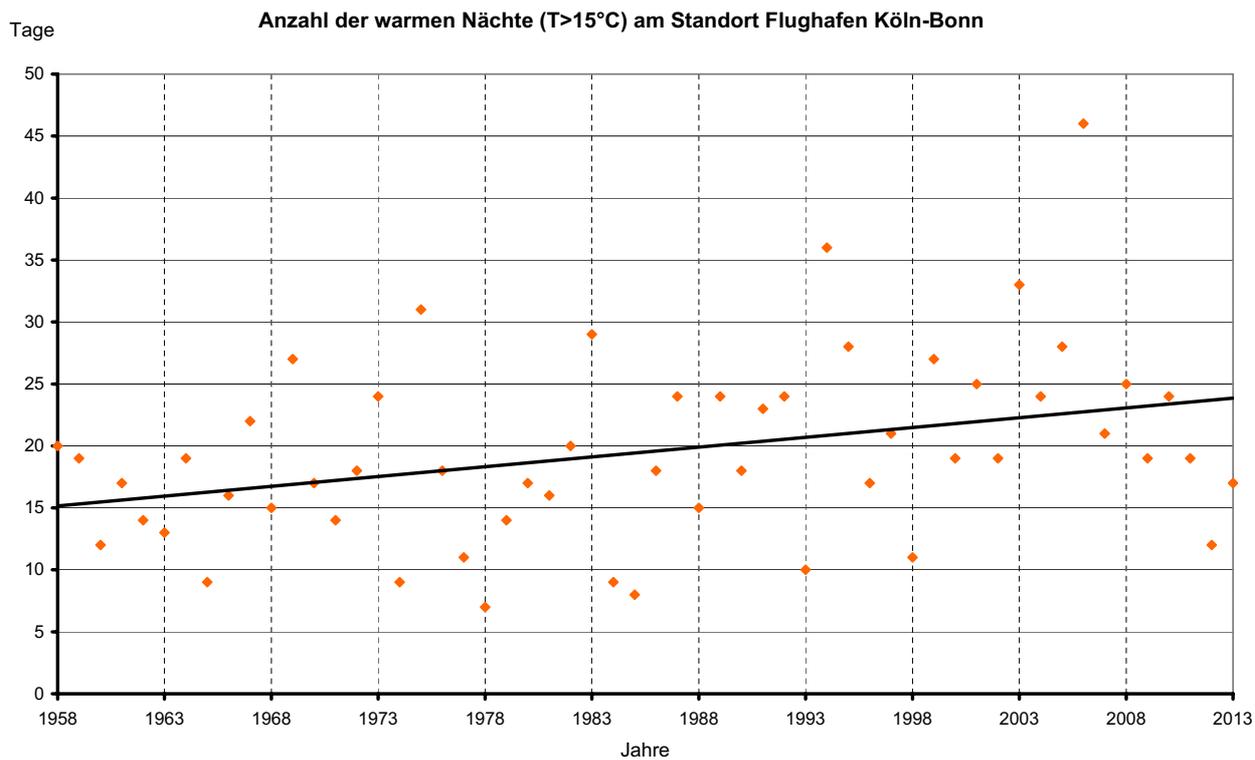


Abb. 10 Entwicklung der Warmen Nächte

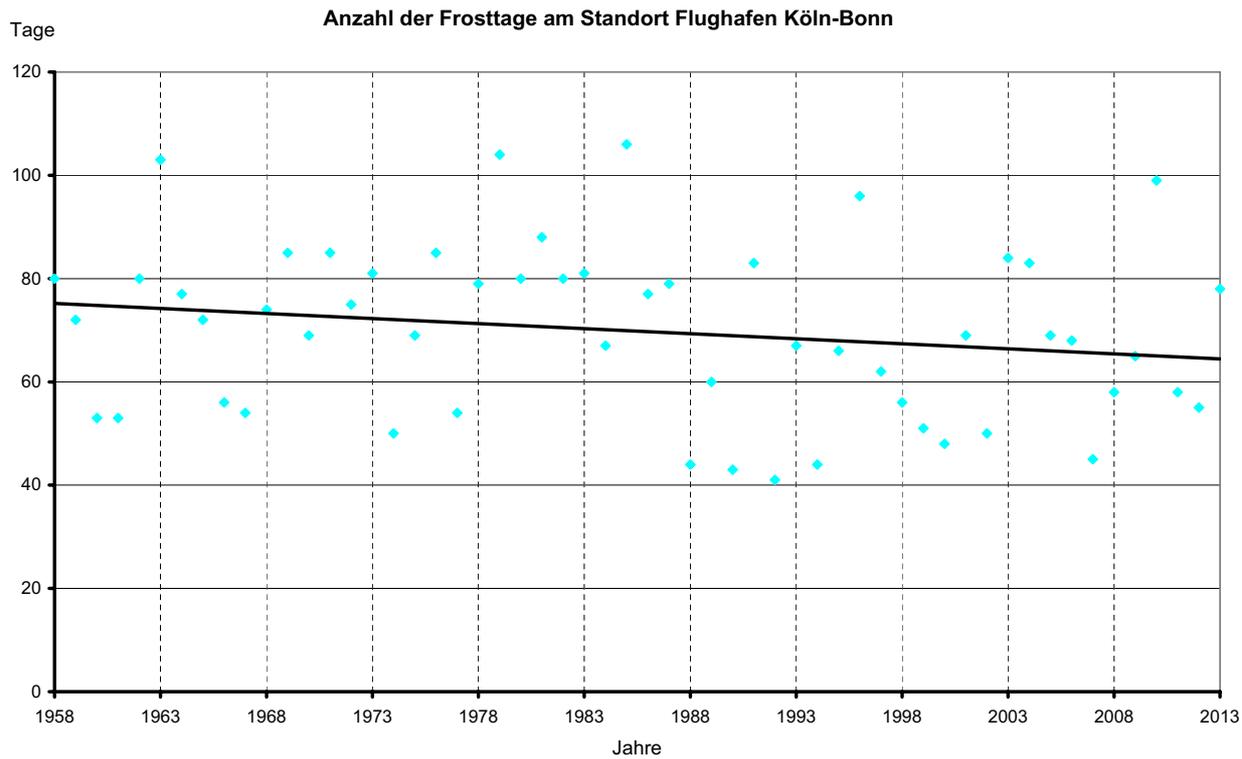


Abb. 11 Entwicklung der Frosttage

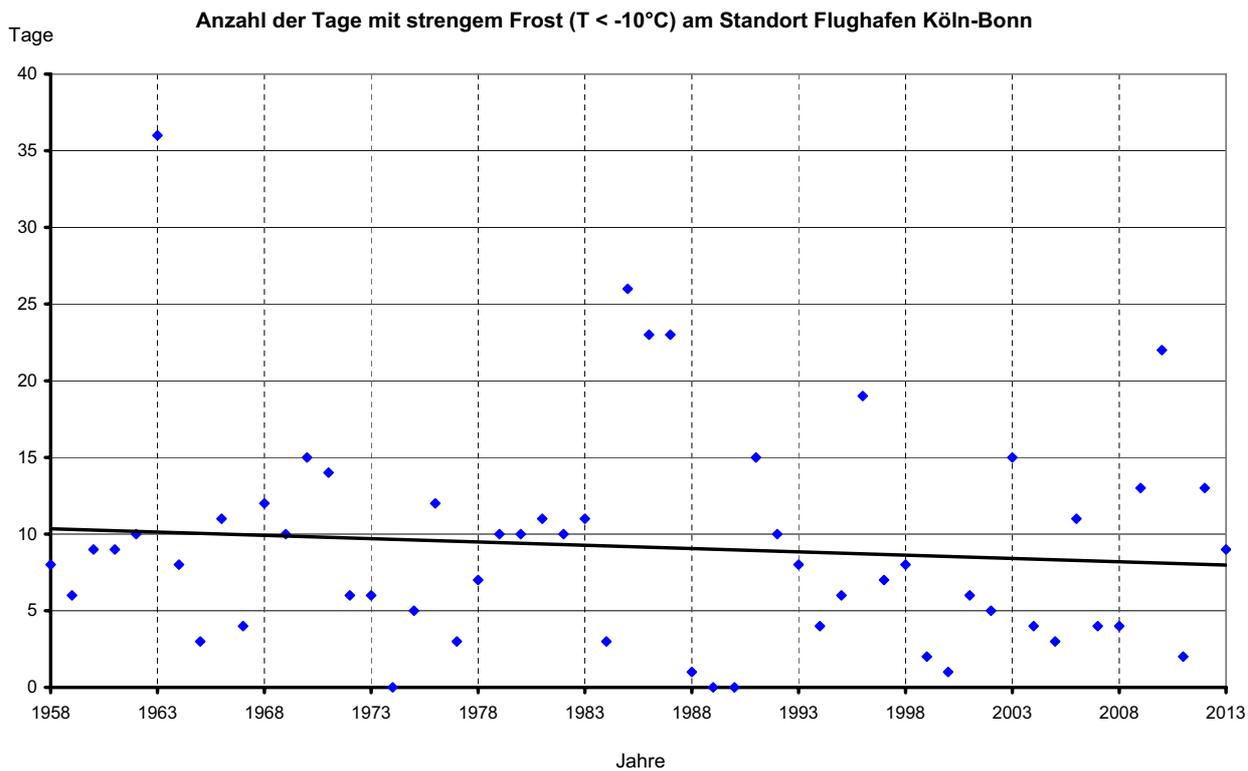


Abb. 12 Entwicklung der Tage mit strengem Frost

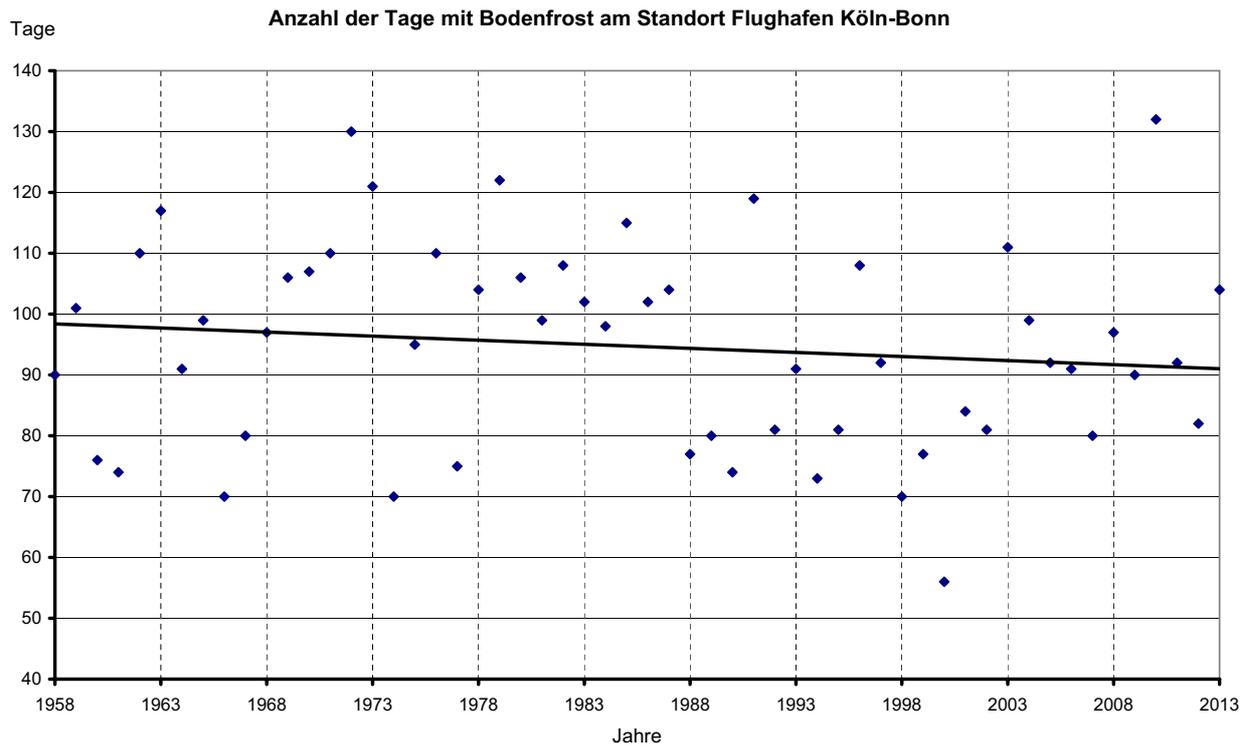


Abb. 13 Entwicklung der Tage mit Bodenfrost

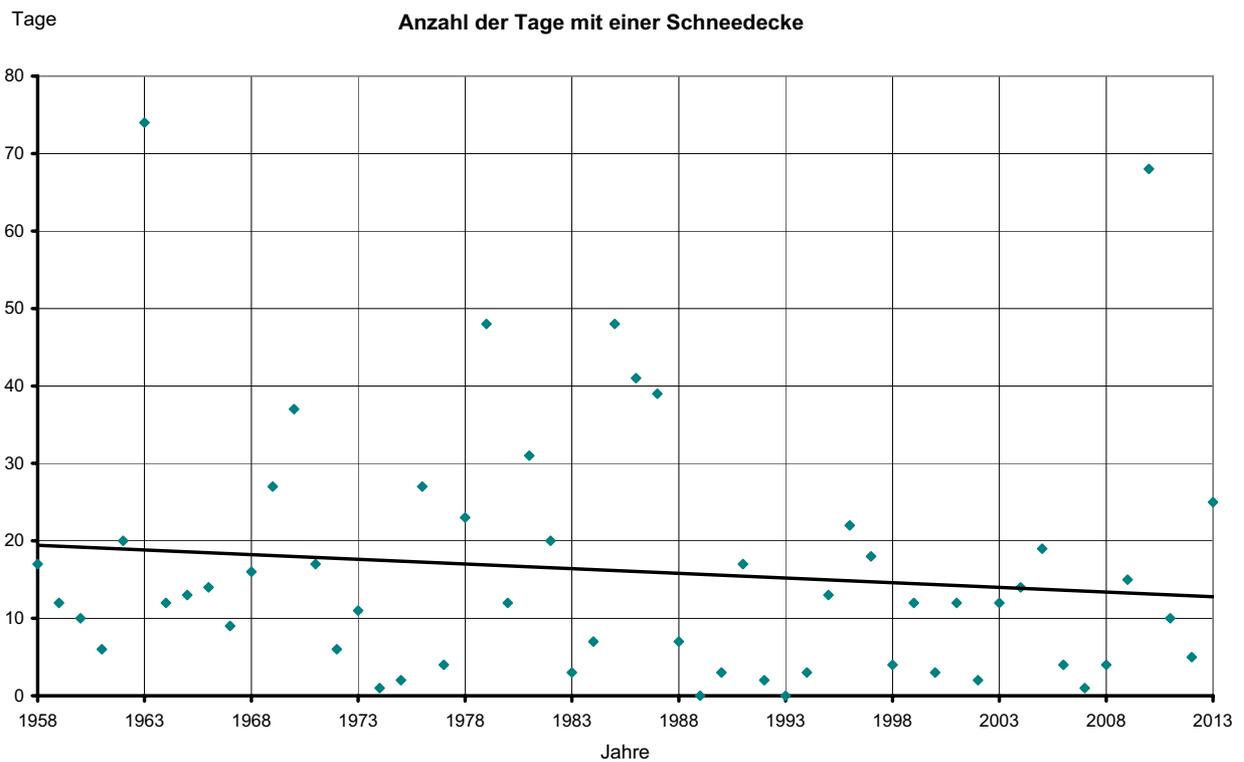


Abb. 14 Entwicklung der Tage mit einer Schneedecke

tageszeitenabhängige Windstatistik 1975-2013 am Standort Flughafen Köln-Bonn

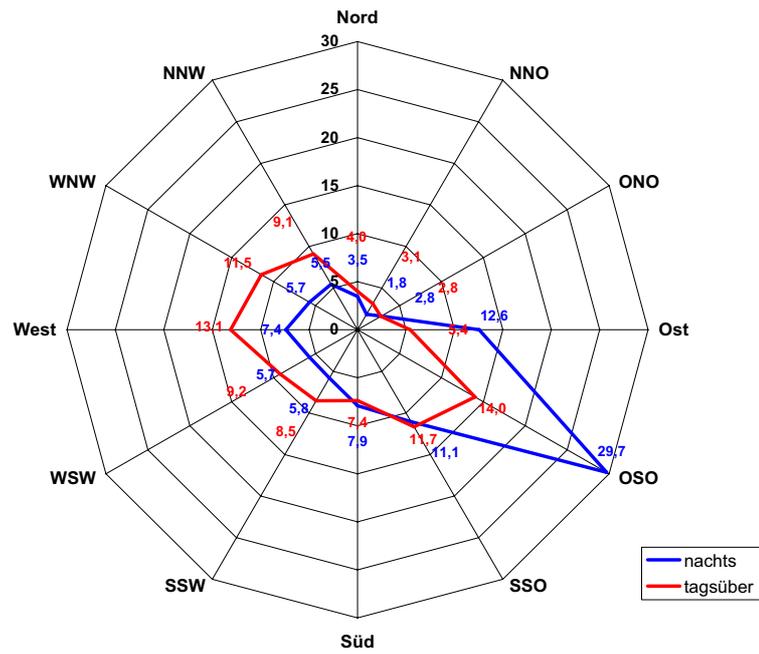


Abb. 15 Windrichtungsstatistik "gesamt"

Veränderungen "nachts-tagsüber" auf der Basis der Jahre 1975-2013 am Standort Flughafen Köln-Bonn

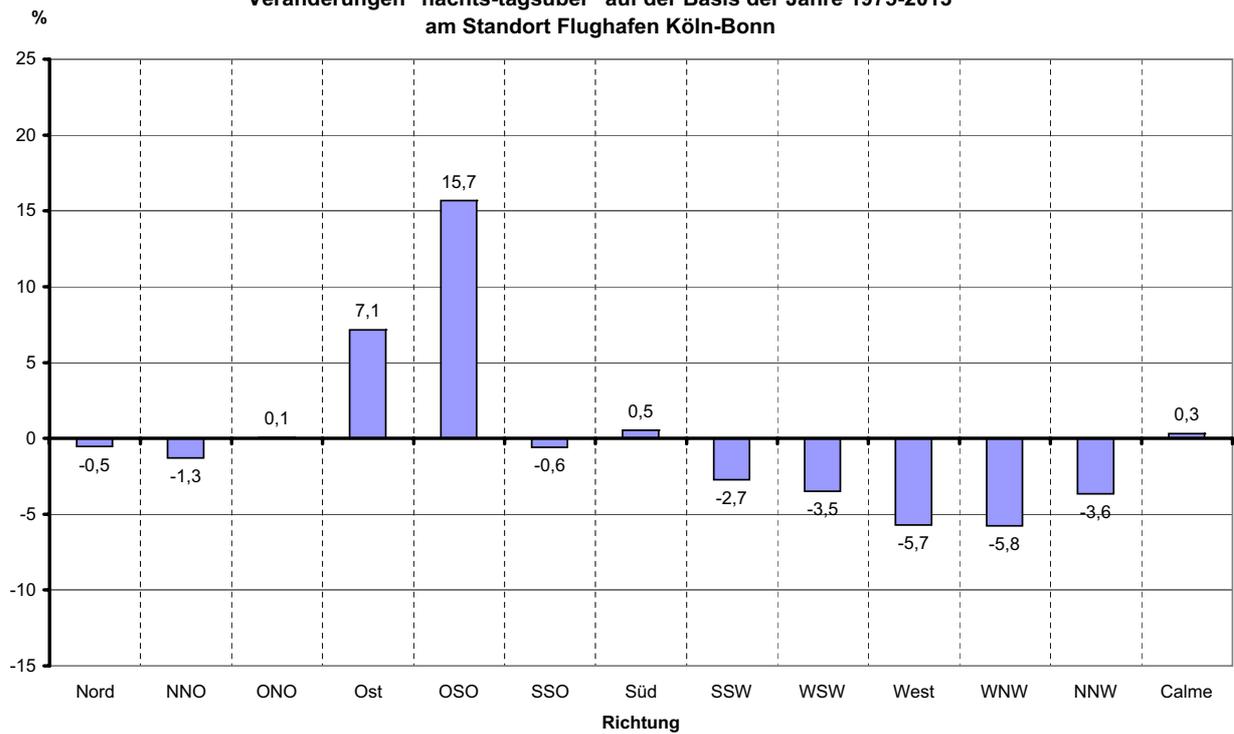


Abb. 16 Veränderungen im Kollektiv "gesamt"

tageszeitenabhängige Windstatistik 1975-2013 (Sommermonate) am Standort Flughafen Köln-Bonn

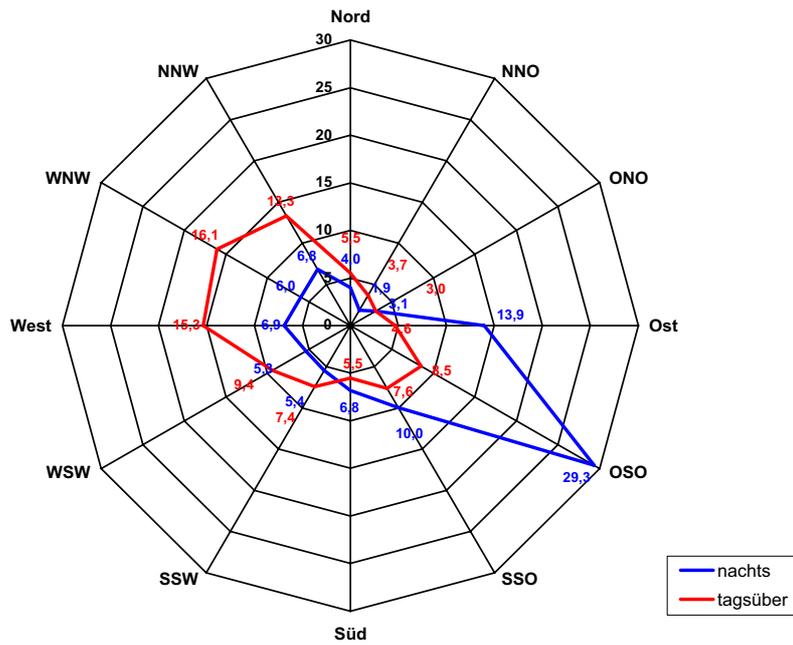


Abb. 17 Windrichtungsstatistik "Sommer"

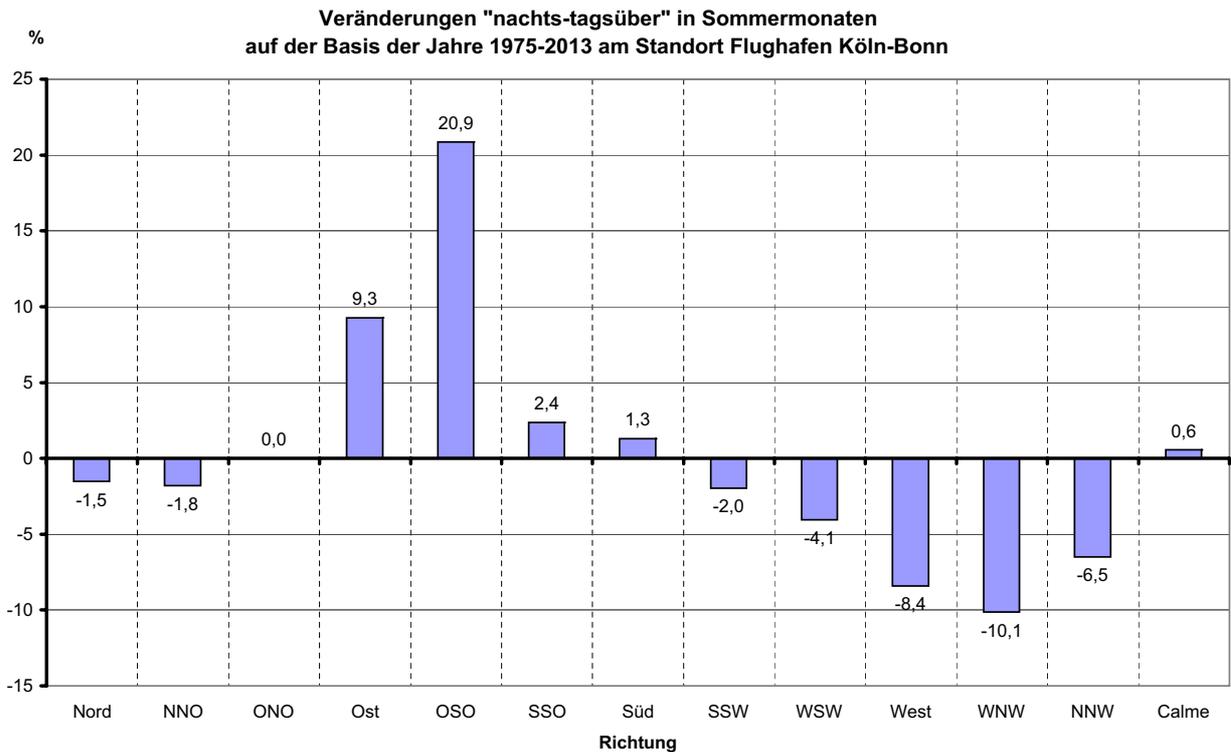
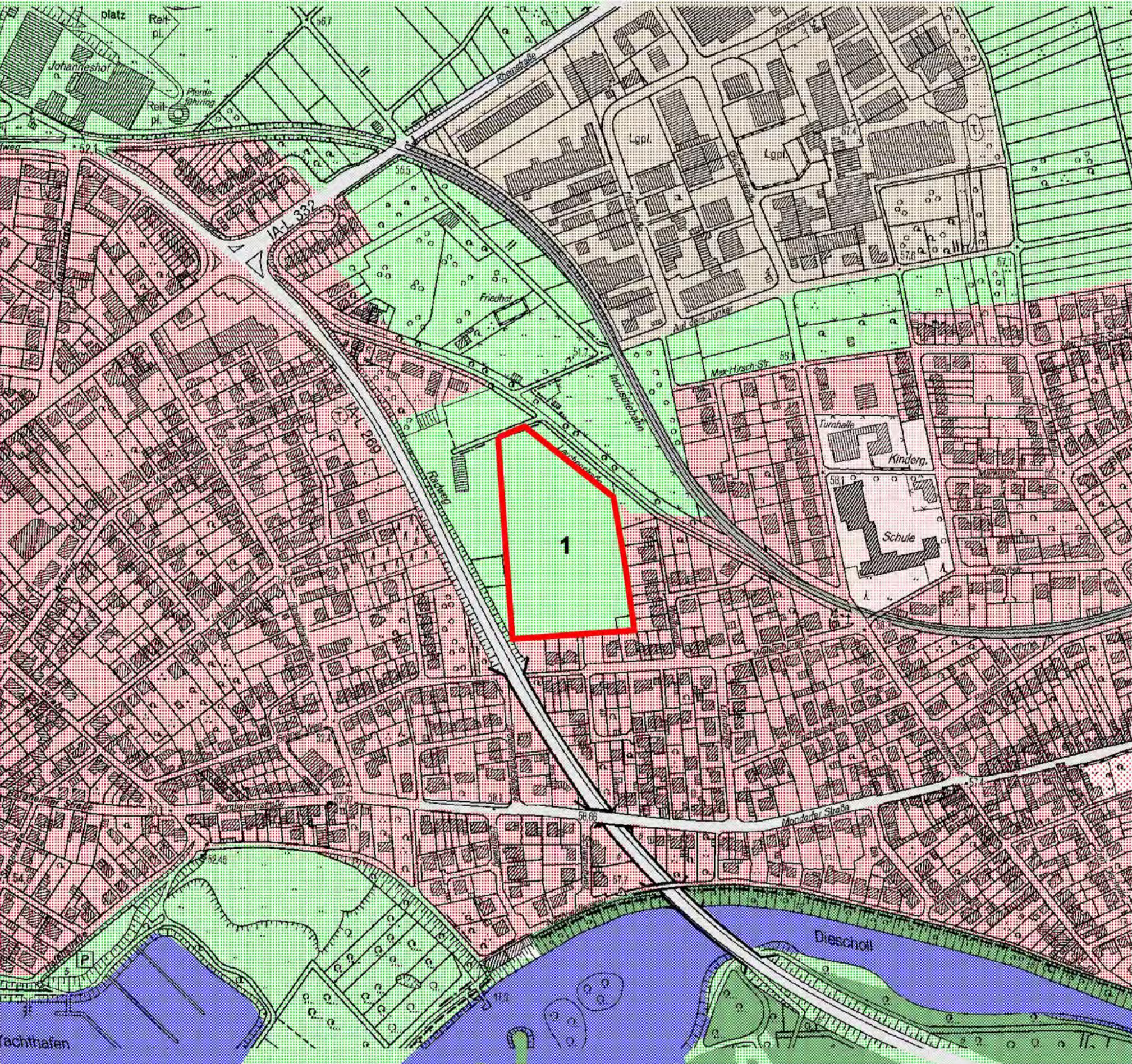


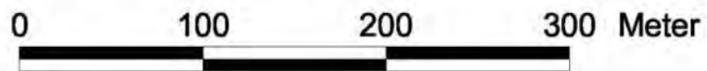
Abb. 18 Veränderungen im Kollektiv "Sommer"

Karte der klimarelevanten Strukturen

Bereich 1

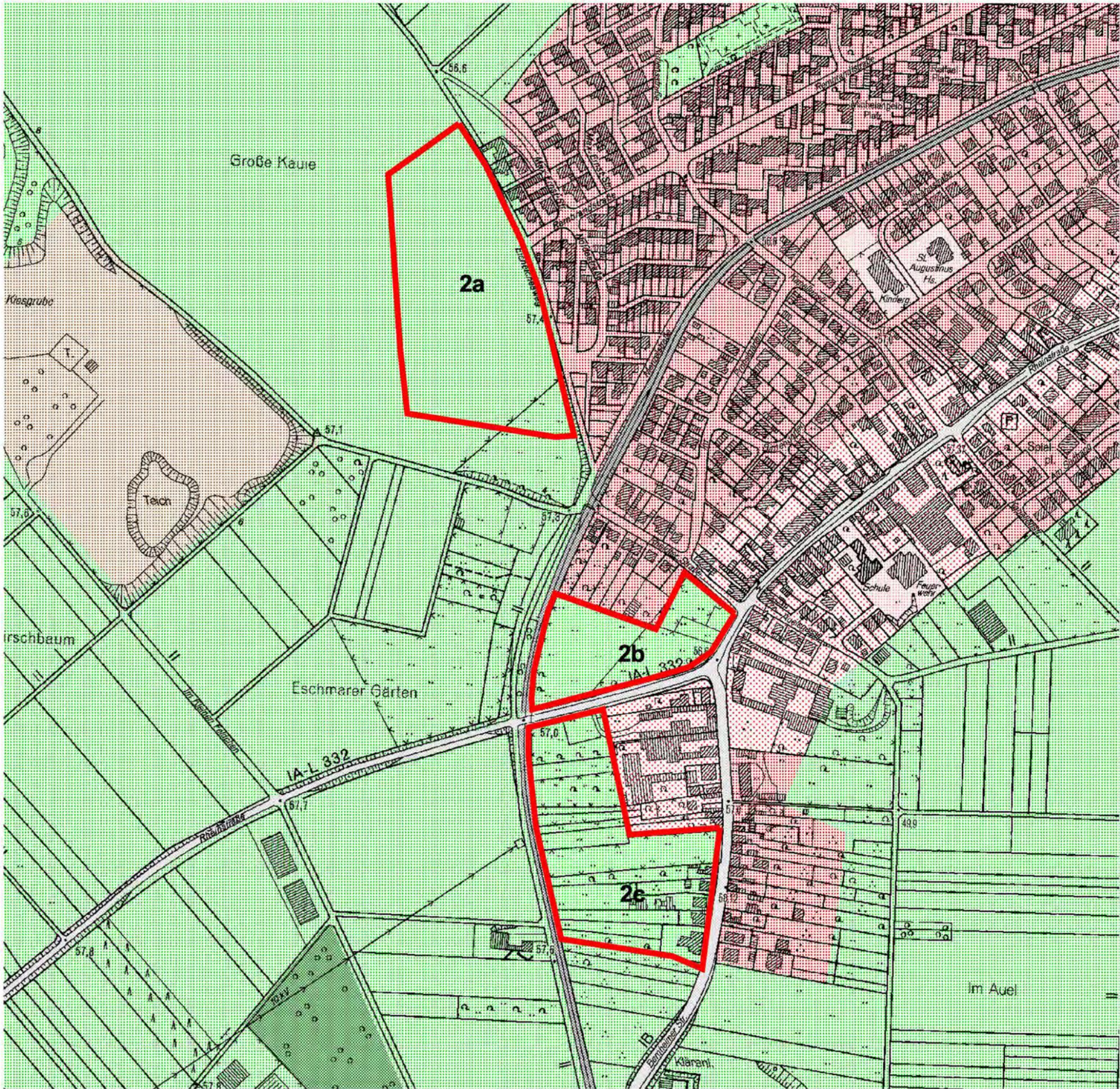


-  Untersuchungsbereiche
-  Fläche für den Gemeinbedarf
-  Waldartige Bereiche
-  Gemischte Bauflächen
-  Gewerbegebiete
-  Grünflächen
-  Sonderbauflächen
-  Bahnanlagen
-  Durchgangsstraßen
-  Steh- und Fließgewässer
-  Wohnbauflächen
-  Landwirtschaftliche Nutzflächen



Karte der klimarelevanten Strukturen

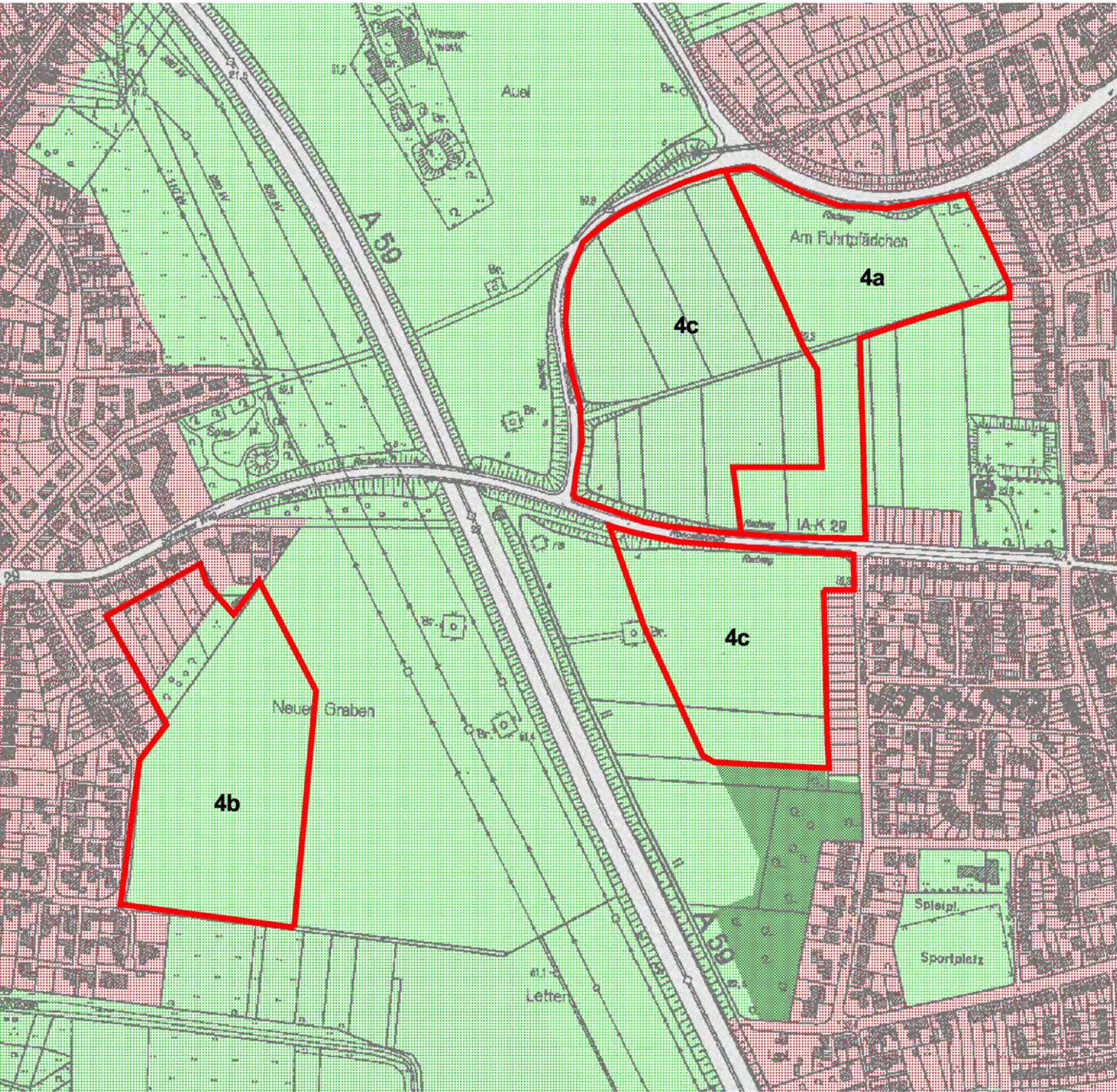
Bereich 2



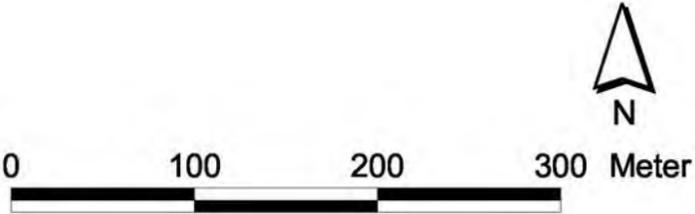
-  Untersuchungsbereiche
-  Fläche für den Gemeinbedarf
-  Waldartige Bereiche
-  Gemischte Bauflächen
-  Gewerbegebiete
-  Grünflächen
-  Sonderbauflächen
-  Bahnanlagen
-  Durchgangsstraßen
-  Steh- und Fließgewässer
-  Wohnbauflächen
-  Landwirtschaftliche Nutzflächen



Karte der klimarelevanten Strukturen Bereich 4

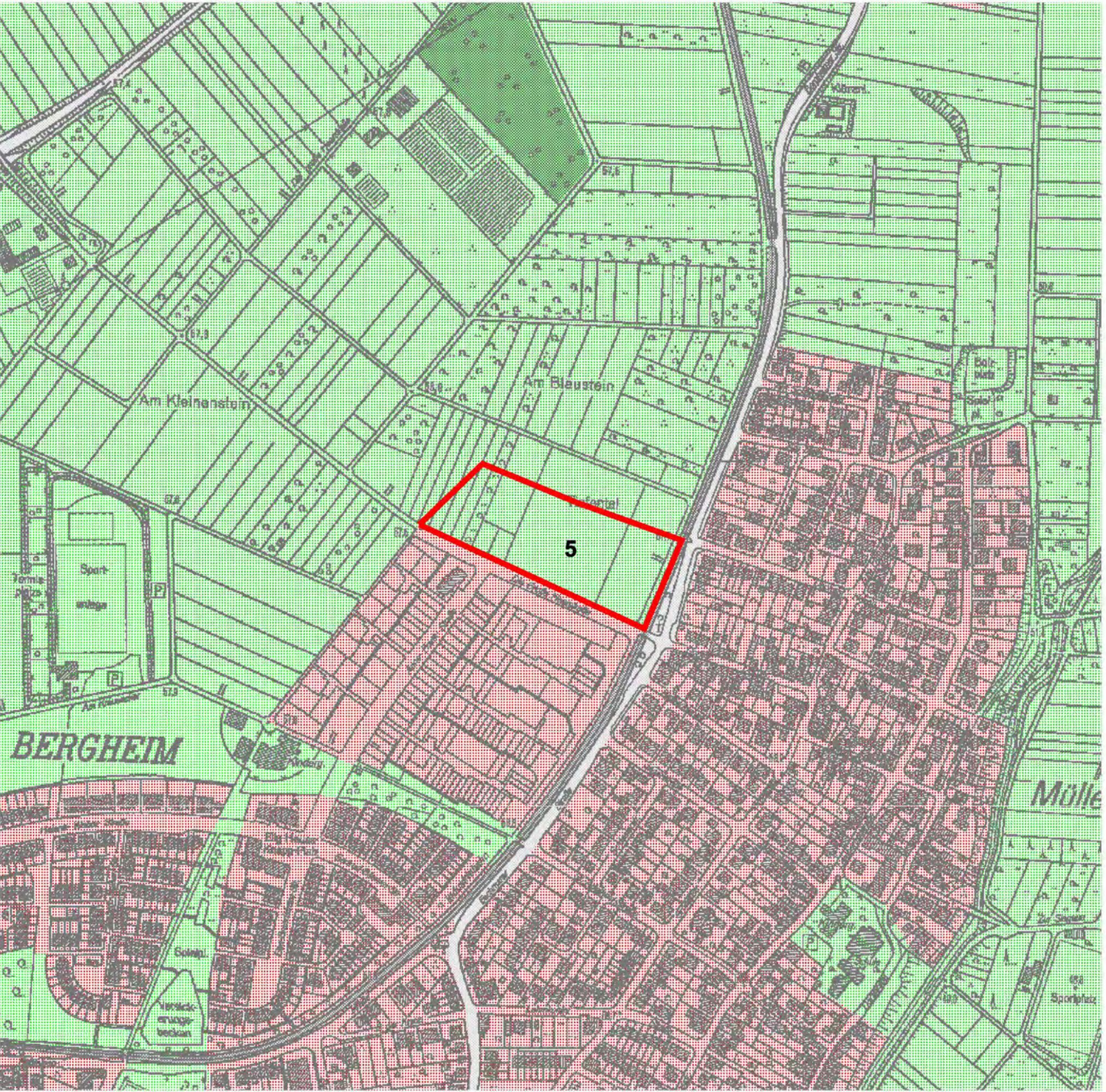


-  Untersuchungsbereiche
-  Fläche für den Gemeinbedarf
-  Waldartige Bereiche
-  Gemischte Bauflächen
-  Gewerbegebiete
-  Grünflächen
-  Sonderbauflächen
-  Bahnanlagen
-  Durchgangsstraßen
-  Steh- und Fließgewässer
-  Wohnbauflächen
-  Landwirtschaftliche Nutzflächen

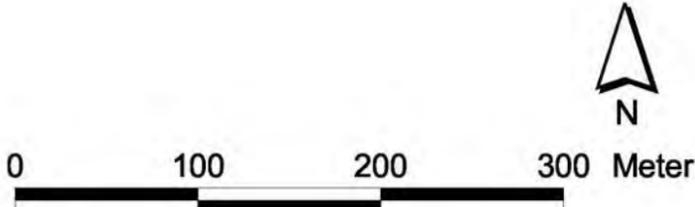


Karte der klimarelevanten Strukturen

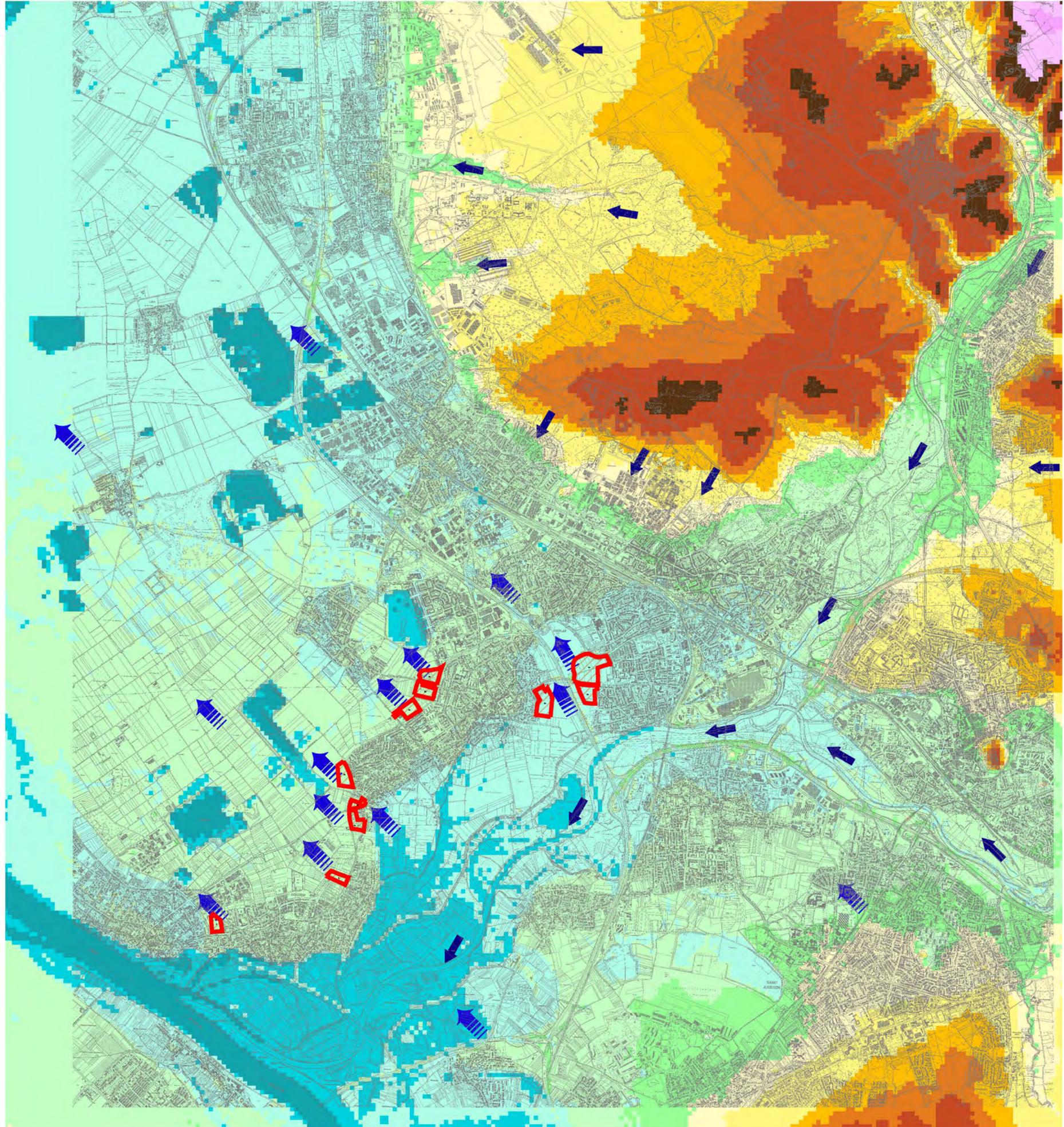
Bereich 5



-  Untersuchungsbereiche
-  Fläche für den Gemeinbedarf
-  Waldartige Bereiche
-  Gemischte Bauflächen
-  Gewerbegebiete
-  Grünflächen
-  Sonderbauflächen
-  Bahnanlagen
-  Durchgangsstraßen
-  Steh- und Fließgewässer
-  Wohnbauflächen
-  Landwirtschaftliche Nutzflächen



Lokale und regionale Windsysteme

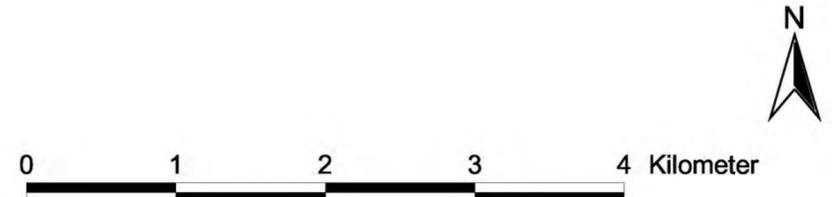


-  nächtliches Bergwindsystem im Rheintal
-  abendliche Hangabwinde sowie lokale nächtliche Bergwinde

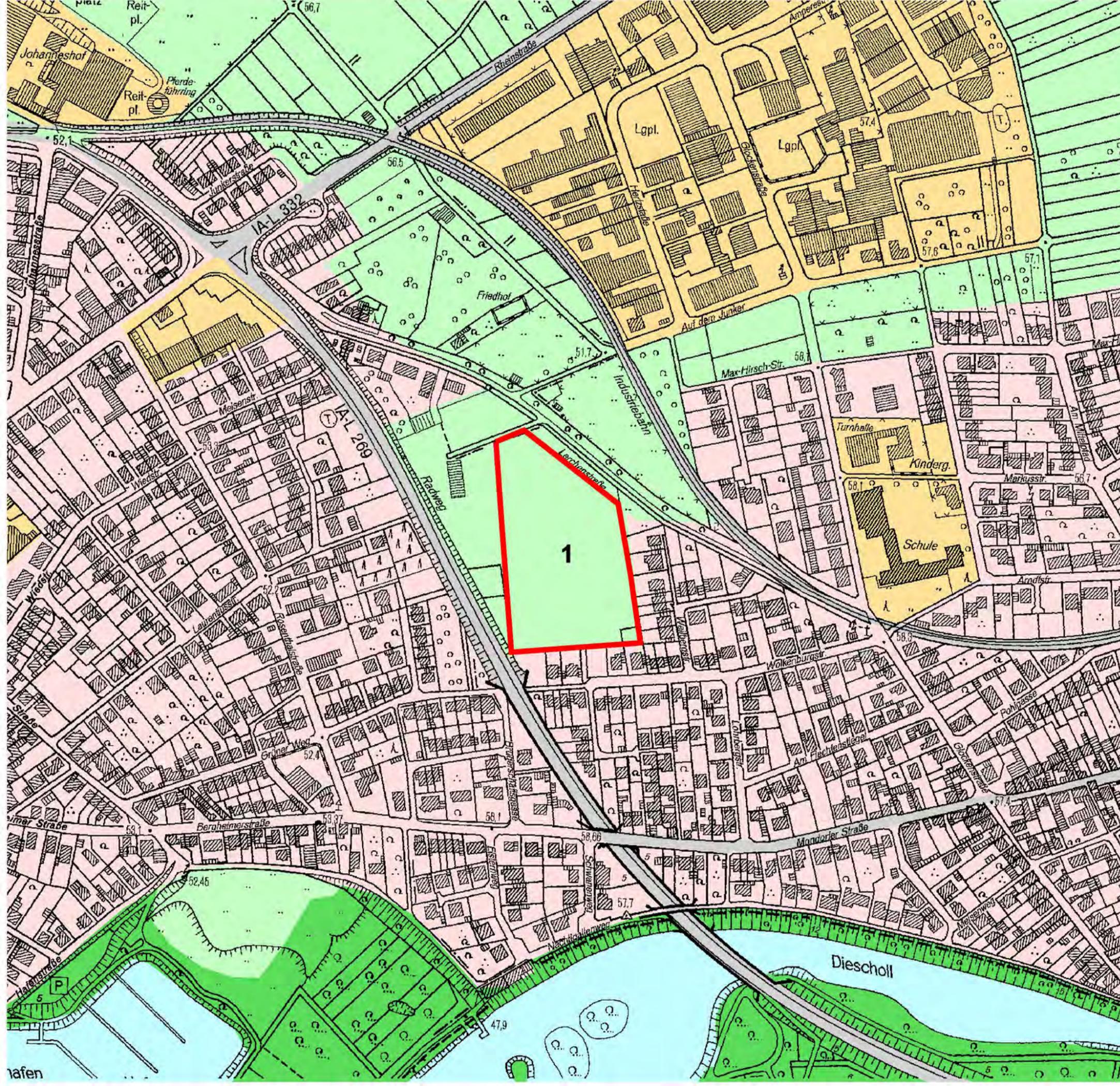
 Untersuchungsbereiche

Höhenschichten in Meter

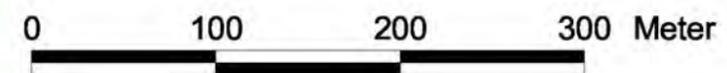
-  < 45
-  45 - 50
-  50 - 55
-  55 - 60
-  60 - 65
-  65 - 70
-  70 - 80
-  80 - 90
-  90 - 100
-  100 - 120
-  120 - 140
-  140 - 160
-  > 160



Klimatopkarte Bereich 1

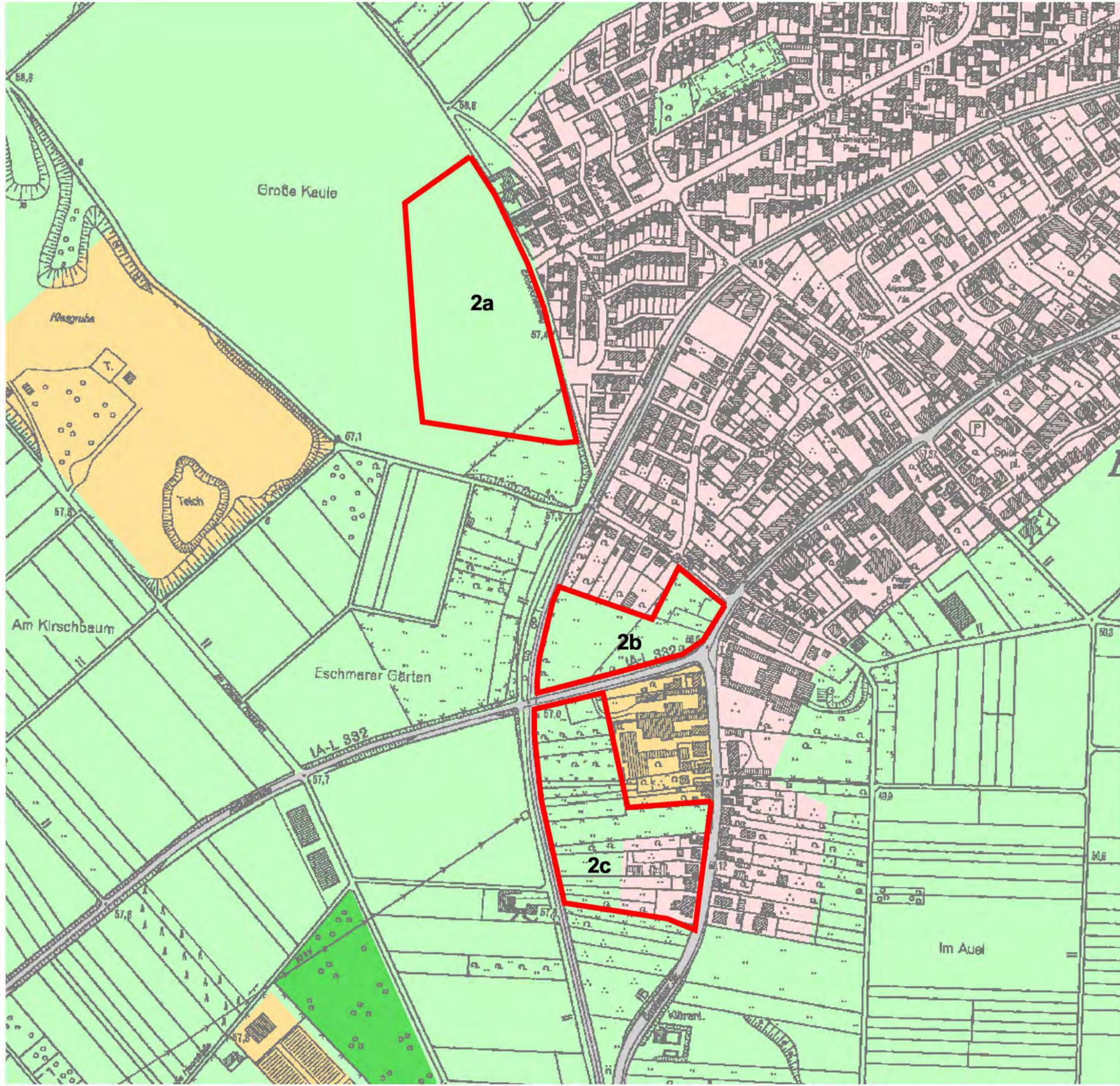


-  Untersuchungsraum
-  Gewerbeklimatop
-  Stadttrandklimatop
-  Offenlandklimatop
-  Waldklimatop
-  Gewässerklimatop
-  Verkehrsflächenklimatop

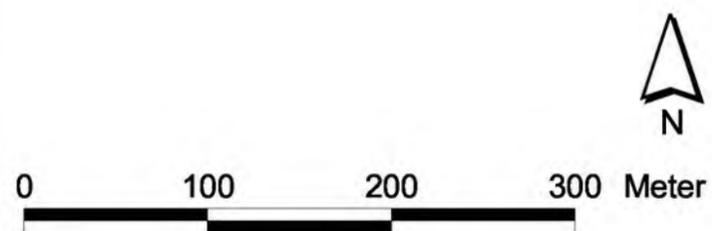


Klimatopkarte

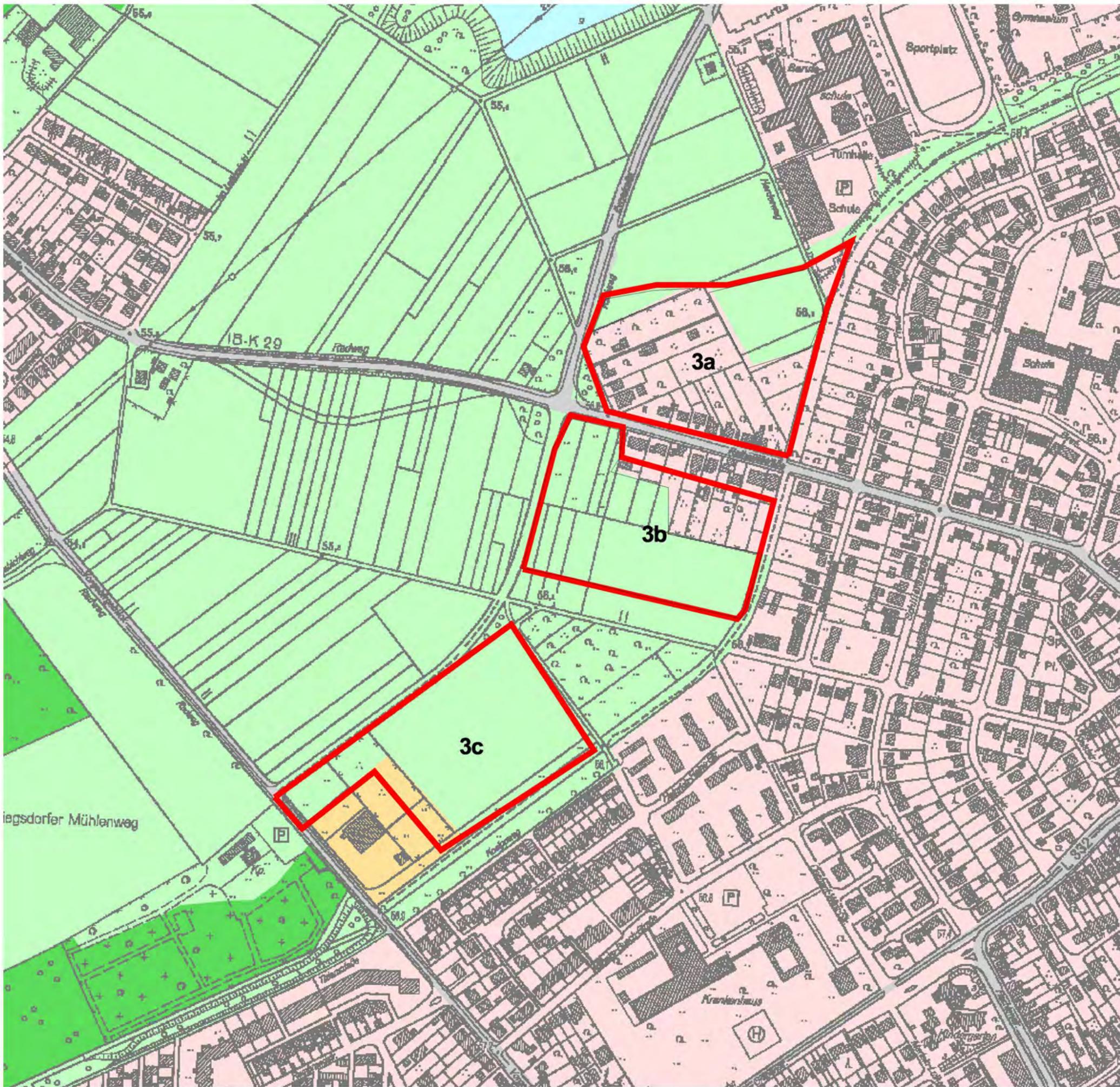
Bereich 2



-  Untersuchungsraum
-  Gewerbeklimatop
-  Stadttrandklimatop
-  Offenlandklimatop
-  Waldklimatop
-  Gewässerklimatop
-  Verkehrsflächenklimatop



Klimatopkarte Bereich 3

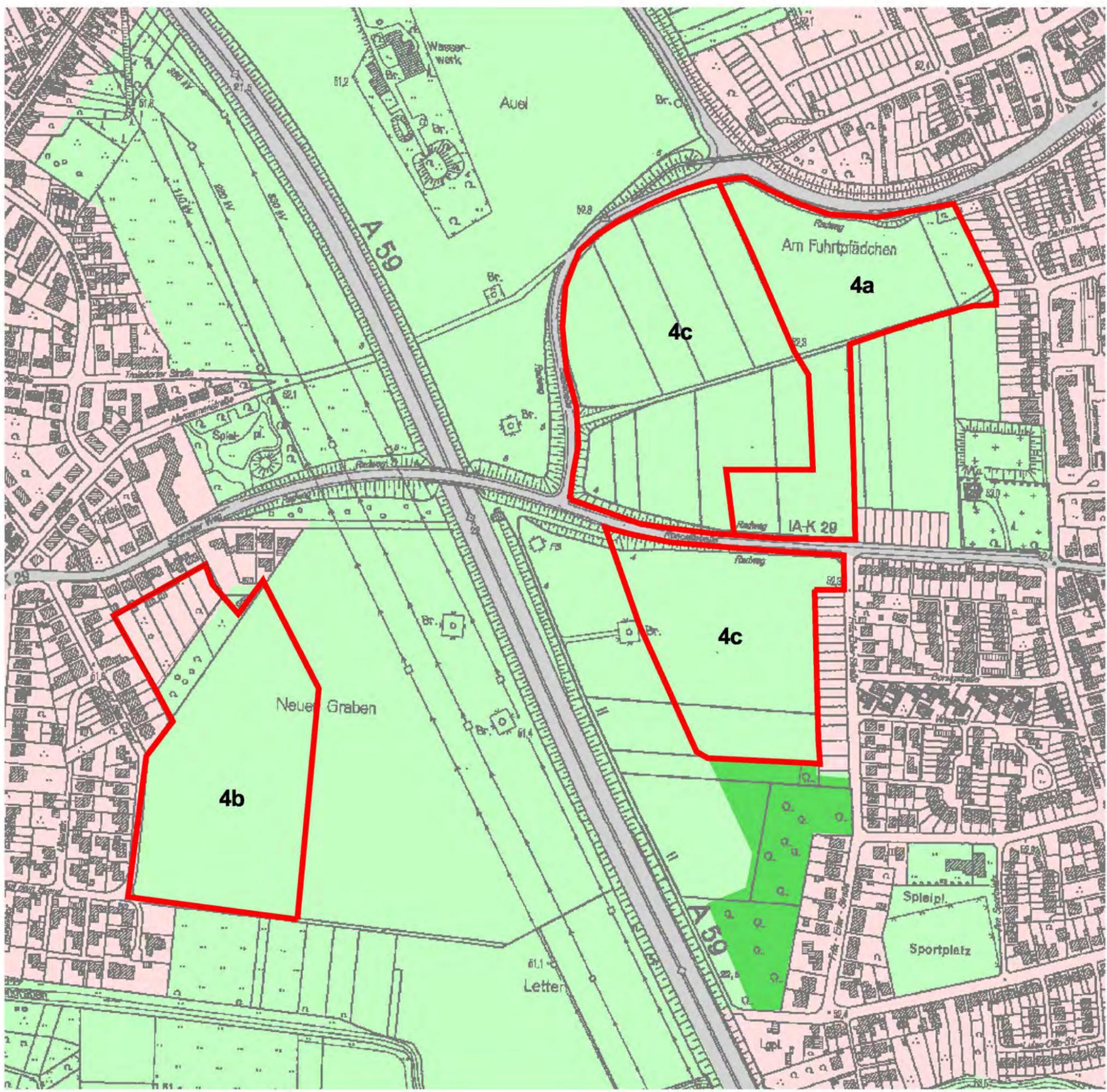


-  Untersuchungsraum
-  Gewerbeklimatop
-  Stadtrandklimatop
-  Offenlandklimatop
-  Waldklimatop
-  Gewässerklimatop
-  Verkehrsflächenklimatop



Klimatopkarte

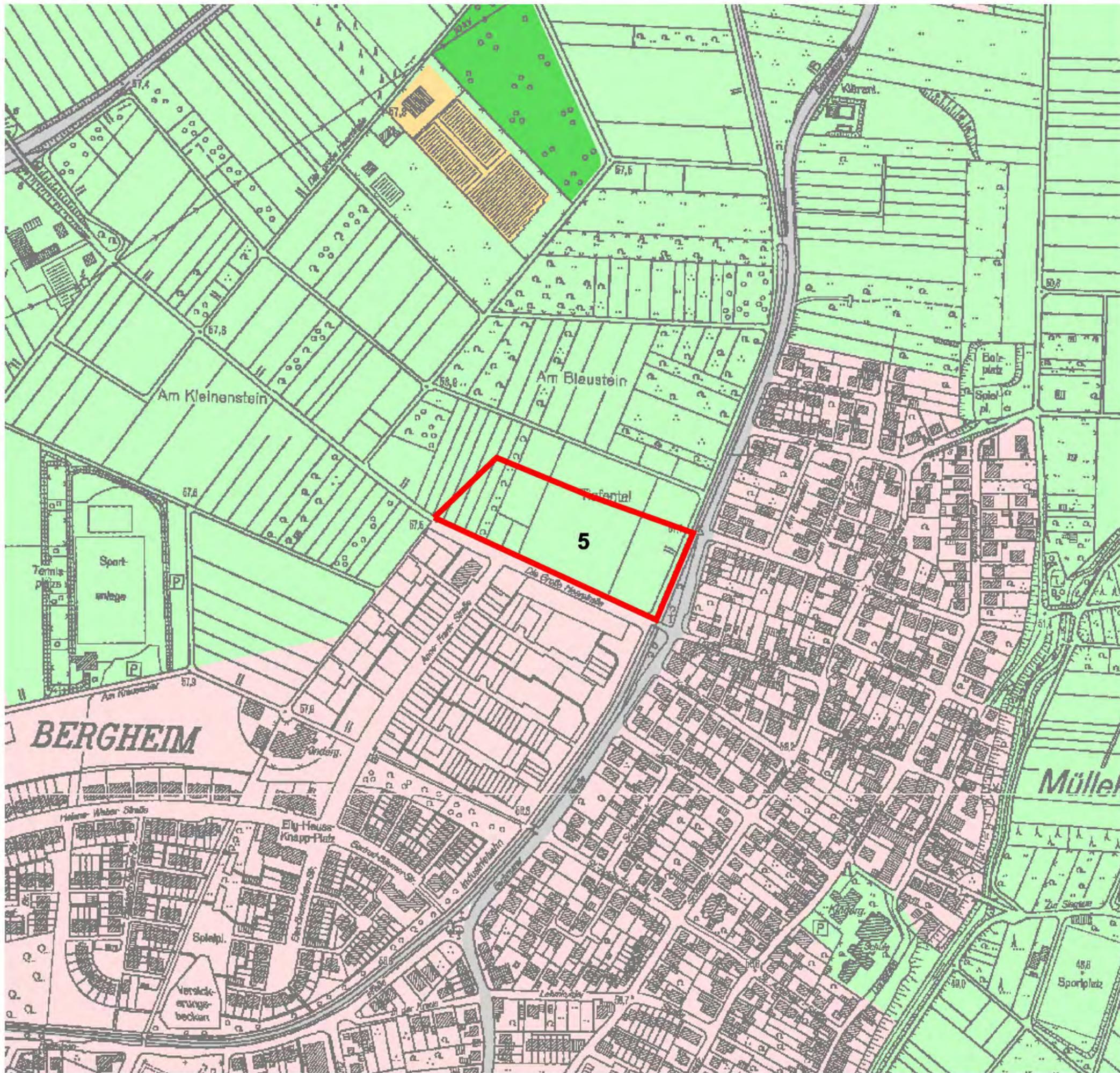
Bereich 4



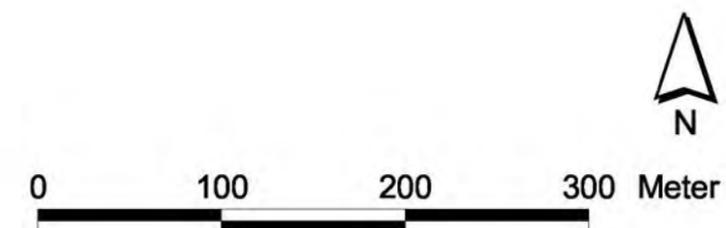
-  Untersuchungsraum
-  Gewerbeklimatop
-  Stadtrandklimatop
-  Offenlandklimatop
-  Waldklimatop
-  Gewässerklimatop
-  Verkehrsflächenklimatop



Klimatopkarte Bereich 5



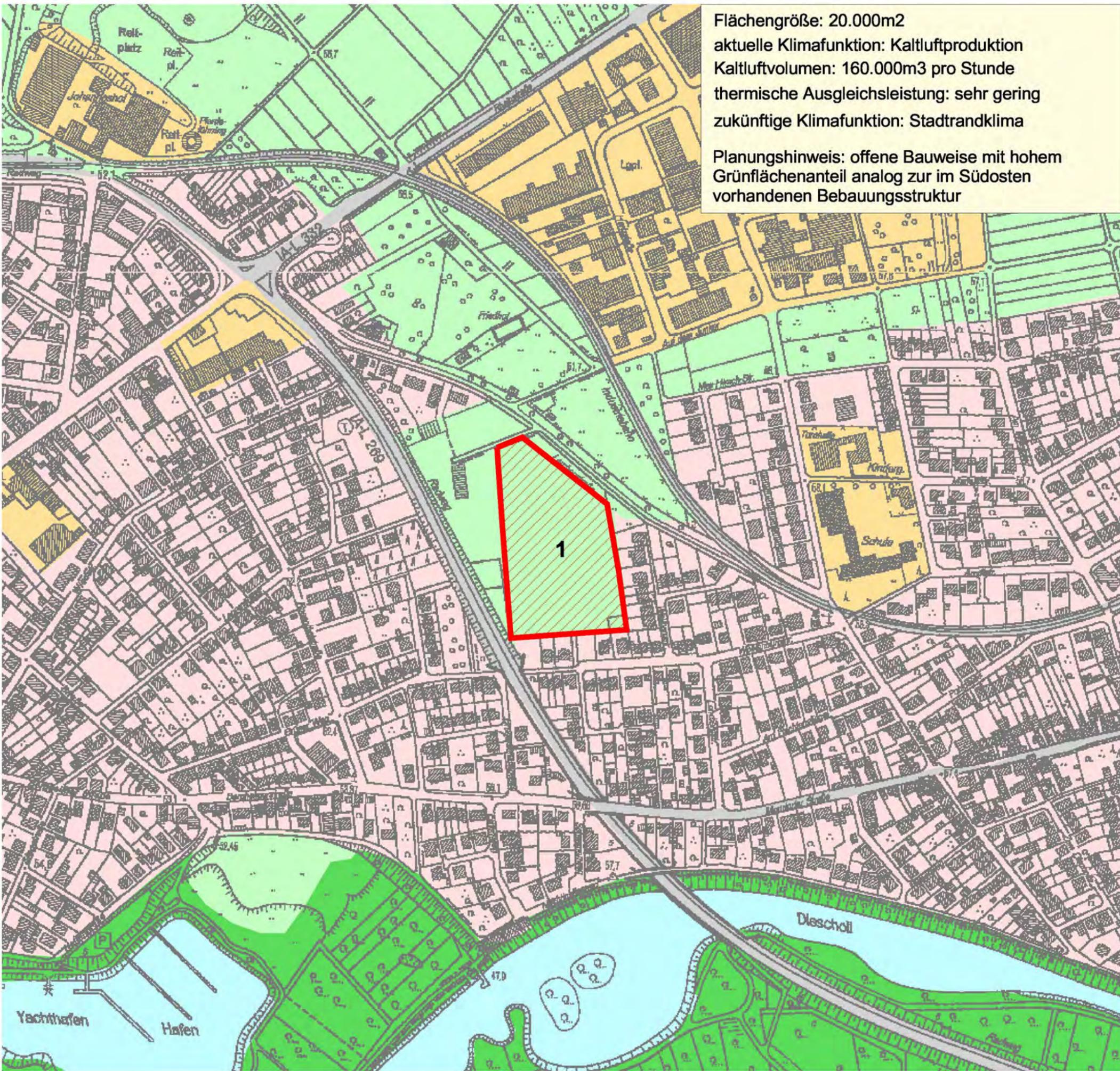
-  Untersuchungsraum
-  Gewerbeklimatop
-  Stadtrandklimatop
-  Offenlandklimatop
-  Waldklimatop
-  Gewässerklimatop
-  Verkehrsflächenklimatop



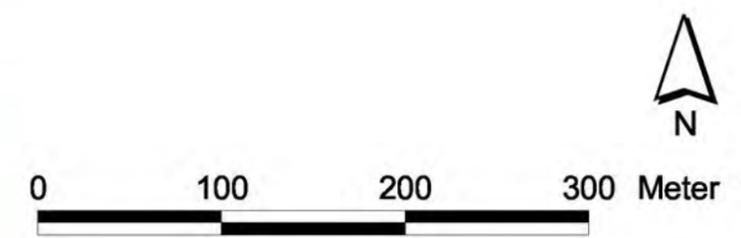
Planungshinweise

Bereich 1

Flächengröße: 20.000m²
aktuelle Klimafunktion: Kaltluftproduktion
Kaltluftvolumen: 160.000m³ pro Stunde
thermische Ausgleichsleistung: sehr gering
zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem Grünflächenanteil analog zur im Südosten vorhandenen Bebauungsstruktur



-  Untersuchungsraum
-  Gewerbeklimatop
-  Stadtrandklimatop
-  Offenlandklimatop
-  Waldklimatop
-  Gewässerklimatop
-  Verkehrsflächenklimatop

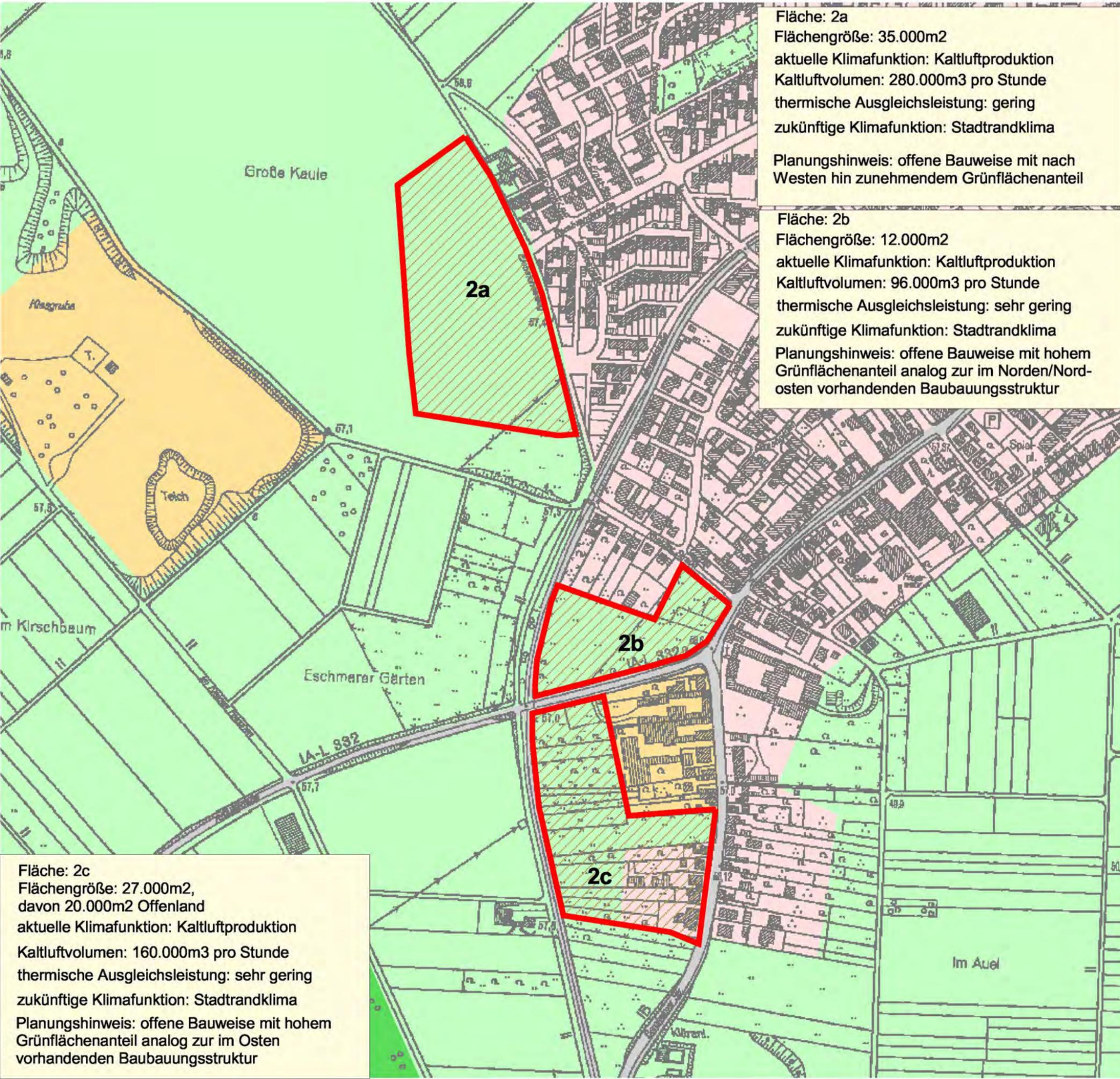


Planungshinweise

Bereich 2

Fläche: 2a
 Flächengröße: 35.000m²
 aktuelle Klimafunktion: Kaltluftproduktion
 Kaltluftvolumen: 280.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: gering
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit nach Westen hin zunehmendem Grünflächenanteil

Fläche: 2b
 Flächengröße: 12.000m²
 aktuelle Klimafunktion: Kaltluftproduktion
 Kaltluftvolumen: 96.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: sehr gering
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem Grünflächenanteil analog zur im Norden/Nordosten vorhandenen Baubauungsstruktur



Fläche: 2c
 Flächengröße: 27.000m²,
 davon 20.000m² Offenland
 aktuelle Klimafunktion: Kaltluftproduktion
 Kaltluftvolumen: 160.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: sehr gering
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem Grünflächenanteil analog zur im Osten vorhandenen Baubauungsstruktur

- Untersuchungsraum
- Gewerbeclimatop
- Stadtrandclimatop
- Offenlandclimatop
- Waldclimatop
- Gewässerclimatop
- Verkehrsflächenclimatop



Planungshinweise

Bereich 3

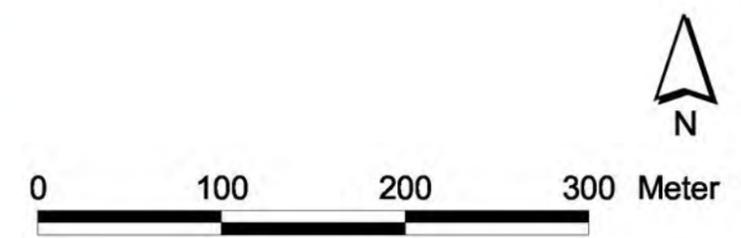
Fläche: 3b
 Flächengröße: 31.000m²,
 davon 24.000m² Offenland
 aktuelle Klimafunktion: vorwiegend Kaltluftproduktion
 Kaltluftvolumen: 192.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: gering
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem Grünflächenanteil analog zur im Osten vorhandenen Baubauungsstruktur

Fläche: 3a
 Flächengröße: 34.000m²,
 davon 9.000m² Offenland
 aktuelle Klimafunktion: teilweise Kaltluftproduktion
 Kaltluftvolumen: 72.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: sehr gering
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem Grünflächenanteil analog zur im Osten vorhandenen Baubauungsstruktur



Fläche: 3c
 Flächengröße: 32.000m²,
 aktuelle Klimafunktion: Kaltluftproduktion
 Kaltluftvolumen: 256.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: gering
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem Grünflächenanteil analog zur im Süden vorhandenen Baubauungsstruktur

- Untersuchungsraum
- Gewerbeklimatop
- Stadtrandklimatop
- Offenlandklimatop
- Waldklimatop
- Gewässerklimatop
- Verkehrsflächenklimatop



Planungshinweise

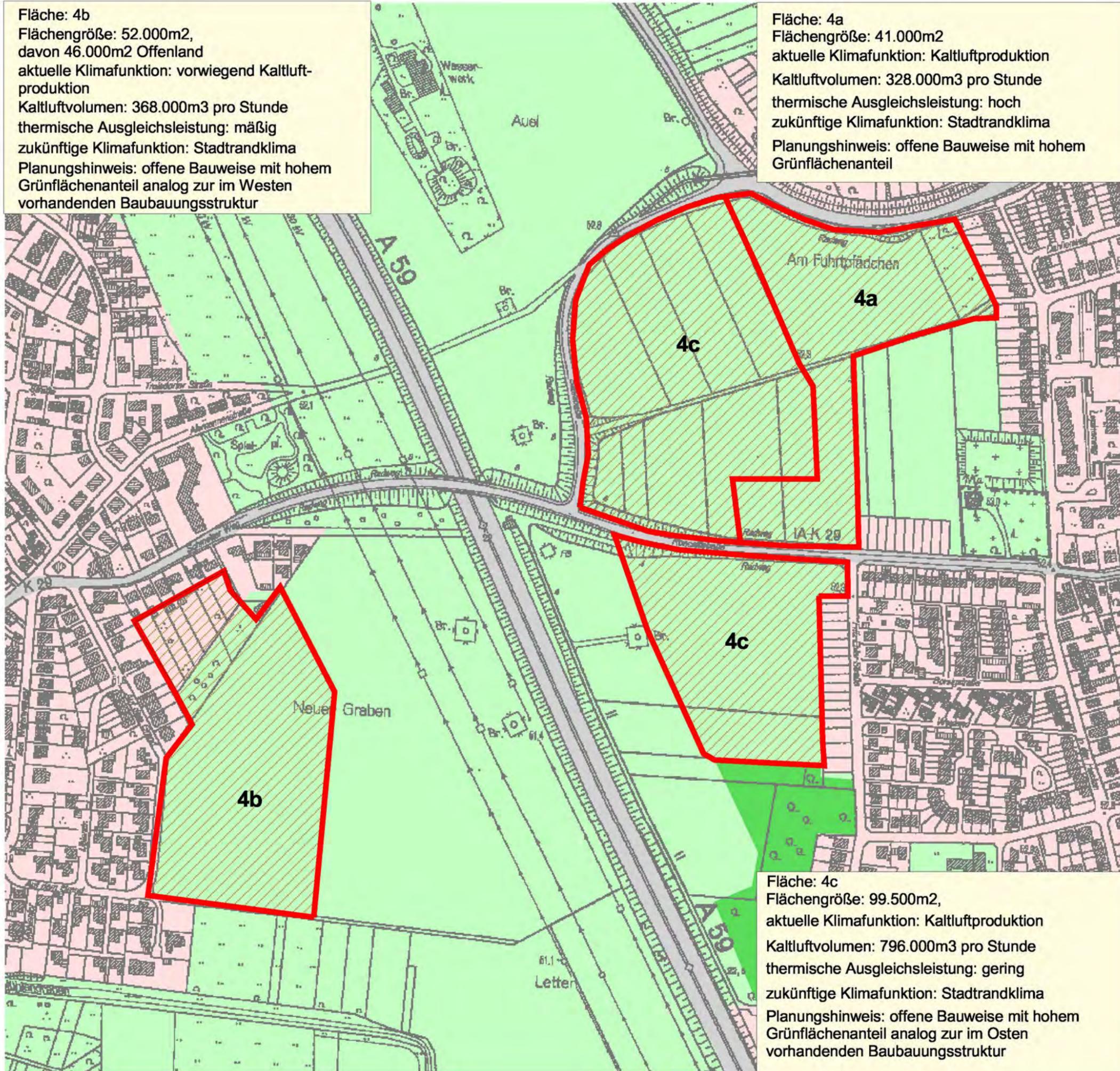
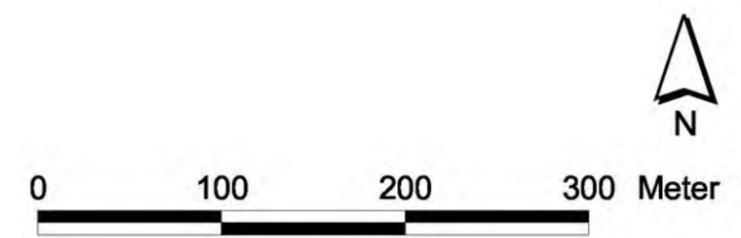
Bereich 4

Fläche: 4b
 Flächengröße: 52.000m²,
 davon 46.000m² Offenland
 aktuelle Klimafunktion: vorwiegend Kaltluft-
 produktion
 Kaltluftvolumen: 368.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: mäßig
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem
 Grünflächenanteil analog zur im Westen
 vorhandenen Baubauungsstruktur

Fläche: 4a
 Flächengröße: 41.000m²
 aktuelle Klimafunktion: Kaltluftproduktion
 Kaltluftvolumen: 328.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: hoch
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem
 Grünflächenanteil

Fläche: 4c
 Flächengröße: 99.500m²,
 aktuelle Klimafunktion: Kaltluftproduktion
 Kaltluftvolumen: 796.000m³ pro Stunde
 thermische Ausgleichsleistung: gering
 zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
 Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem
 Grünflächenanteil analog zur im Osten
 vorhandenen Baubauungsstruktur

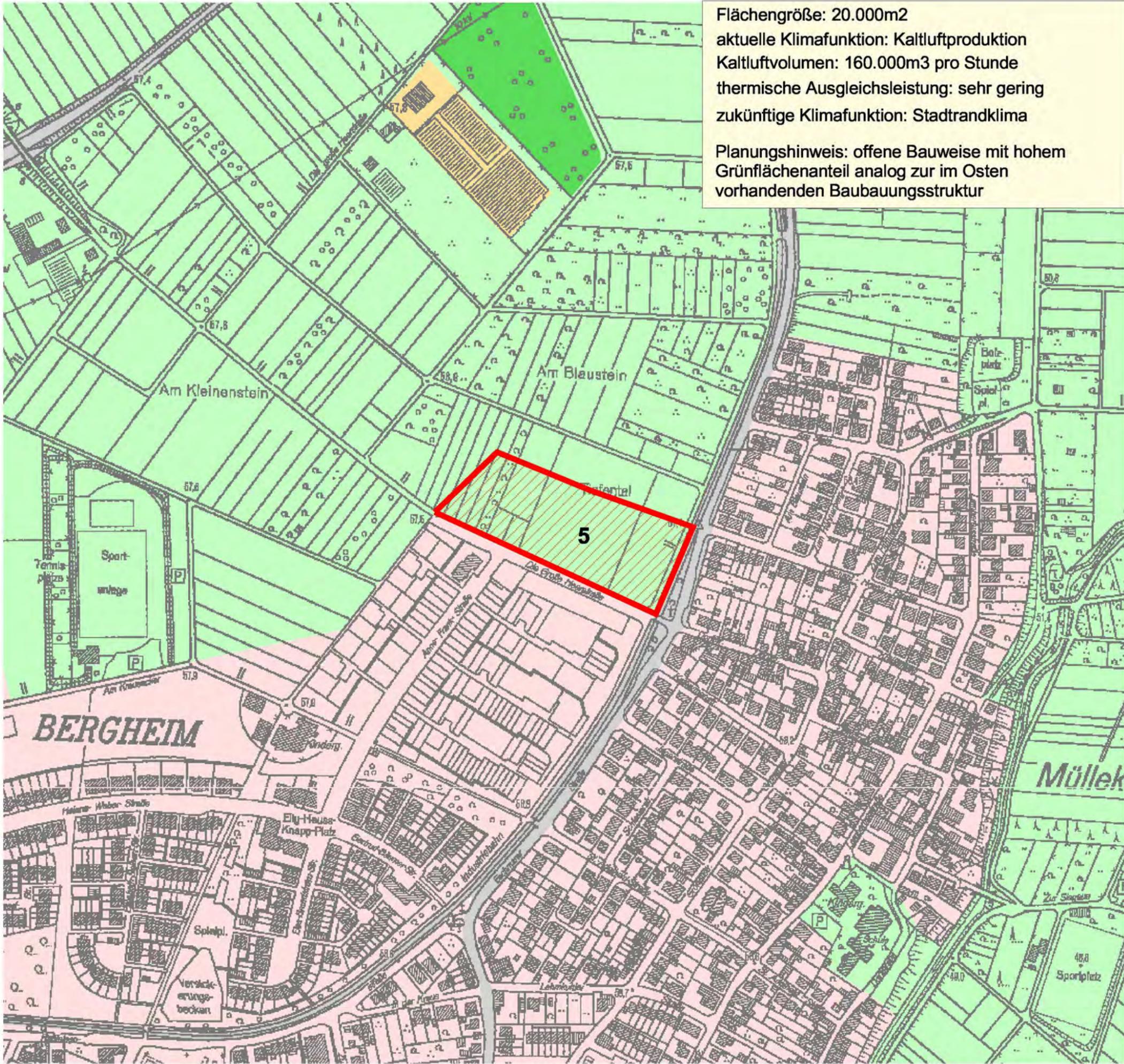
-  Untersuchungsraum
-  Gewerbeklimatop
-  Stadtrandklimatop
-  Offenlandklimatop
-  Waldklimatop
-  Gewässerklimatop
-  Verkehrsflächenklimatop



Planungshinweise

Bereich 5

Flächengröße: 20.000m²
aktuelle Klimafunktion: Kaltluftproduktion
Kaltluftvolumen: 160.000m³ pro Stunde
thermische Ausgleichsleistung: sehr gering
zukünftige Klimafunktion: Stadtrandklima
Planungshinweis: offene Bauweise mit hohem Grünflächenanteil analog zur im Osten vorhandenen Baubauungsstruktur



-  Untersuchungsraum
-  Gewerbeklimatop
-  Stadtrandklimatop
-  Offenlandklimatop
-  Waldklimatop
-  Gewässerklimatop
-  Verkehrsflächenklimatop

