

Klimagutachten für das Ittertal in Solingen



Projektleitung

Dr. Monika Steinrücke

Autoren:

Dr. Monika Steinrücke

Dipl. Geogr. Jörg Eggenstein

Steffen Schödter, M.Sc.

Denis Ahlemann, M.Sc.

Bochum, Januar 2015

Inhalt

	Seite
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	
1. Aufgabenstellung	1
2. Die klimatische Situation des Ittertals in Solingen	2
2.1 Wirkzusammenhänge zwischen Belastungsgebieten und Ausgleichsräumen unter Berücksichtigung des Klimawandels	3
2.2 Die kaltluftproduzierenden Flächen im Ittertal unter besonderer Berücksichtigung der sommerlichen strahlungsächtlichen Kaltluftdynamik	7
3. Kaltluftanalyse der 4 potenziellen Gewerbestandorte	11
3.1 Relevanz der Kaltluftproduktion der Untersuchungsgebiete für das Ittertal	16
3.2 Relevanz der Kaltluftproduktion der Untersuchungsgebiete für die bebaute Umgebung in Solingen	19
4. Detailuntersuchungen der 4 potenziellen Gewerbestandorte durch geländeklimatische Messungen	24
4.1 Piepersberg-West und Fürkeltrath II	24
4.1.1 Ergebnisse der Messkampagne am 03.09.2014	26
4.1.2 Zusammenfassende Bewertung des Untersuchungsgebietes	35
4.2 Buschfeld und Keusenhof	36
4.2.1 Ergebnisse der Messkampagne am 04.09.2014	38
4.2.2 Zusammenfassende Bewertung des Untersuchungsgebietes	46
5. Fazit mit Empfehlungen für die Planung	47
5.1 Piepersberg-West	47
5.1.1 Ist-Situation	47
5.1.2 Mögliche klimatische Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet Piepersberg-West	47
5.1.3 Maßnahmenkatalog mit Anpassungsvorschlägen für Piepersberg-West	49
5.2 Fürkeltrath	49
5.2.1 Ist-Situation	49
5.2.2 Mögliche klimatische Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet Fürkeltrath II	50
5.2.3 Maßnahmenkatalog mit Anpassungsvorschlägen für Fürkeltrath II	51

5.3	Buschfeld	52
5.3.1	Ist-Situation	52
5.3.2	Mögliche klimatische Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet Buschfeld	52
5.3.3	Maßnahmenkatalog mit Anpassungsvorschlägen für Buschfeld	53
5.4	Keusenhof	54
5.4.1	Ist-Situation	54
5.4.2	Mögliche klimatische Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet Keusenhof	55
5.4.3	Maßnahmenkatalog mit Anpassungsvorschlägen für Keusenhof	56
5.5	Empfehlungen für das weitere Vorgehen	56
6.	Zusammenfassung	58
7.	Literaturverzeichnis	60

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

	Seite
Karte 1: Solingen Ittertal, Kaltluftentstehungsgebiete und Kaltluftdynamik	10
Abb. 1a Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte (Klimaanalyse Solingen)	4
Abb. 1b Ausschnitt aus der Legende der Klimafunktionskarte (Klimaanalyse Solingen)	5
Abb. 2 Orographie und Flächennutzung in der weiteren Umgebung des Ittertals	7
Abb. 3 Untersuchungsgebiet Piepersberg-West	12
Abb. 4 Untersuchungsgebiet Fürkeltrath	13
Abb. 5 Untersuchungsgebiet Buschfeld	14
Abb. 6 Untersuchungsgebiet Keusenhof	15
Abb. 7 Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet Piepersberg-West	20
Abb. 8 Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet Fürkeltrath	21
Abb. 9 Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet Buschfeld	22
Abb. 10 Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet Keusenhof	23
Abb. 11 Untersuchungsgebiet Piepersberg-West (Foto: Denis Ahlemann)	24
Abb. 12 Untersuchungsgebiet Fürkeltrath II (Foto: Denis Ahlemann)	25
Abb. 13 Standorte der stationären Messpunkte und Route der Messfahrt während der Messkampagne Ittertal Nord am 03.09.2014	26
Abb. 14 Messdaten am 10-m-Mast auf Fürkeltrath II am 03.09.2014	27
Abb. 15 Messdaten am Ultraschall-Anemometer auf Fürkeltrath II, Standort 1 am 03.09.2014	28
Abb. 16 Messdaten am Ultraschall-Anemometer auf Fürkeltrath II, Standort 2 am 03.09.2014	29
Abb. 17 Lufttemperaturen (2 m) der Messfahrt in Ittertal Nord um 20:00 Uhr MEZ am 03.09.2014	30
Abb. 18 Lufttemperaturen (2 m) der Messfahrt in Ittertal Nord um 21:00 Uhr MEZ am 03.09.2014	31
Abb. 19 Lufttemperaturen der Messfahrt von 20:30 bis 21:30 Uhr MEZ in Ittertal Nord am 03.09.2014	32
Abb. 20 Untersuchungsgebiet Fürkeltrath II mit Messaufbauten	33
Abb. 21 Zeitreihe der nächtlichen Oberflächentemperaturen für Fürkeltrath II	34
Abb. 22 Thermalszene (20:21 Uhr MEZ) mit Messgeometrien, Planfläche Fürkeltrath II (links abgeernteter Acker; rechts Getreide)	34
Abb. 23 Untersuchungsgebiet Buschfeld (Foto: Denis Ahlemann)	36
Abb. 24 Untersuchungsgebiet Keusenhof (Foto: Denis Ahlemann)	37
Abb. 25 Standorte der stationären Messpunkte und Route der Messfahrt während der Messkampagne Ittertal Süd am 04.09.2014	38

Abb. 26	Messdaten am 10-m-Mast auf Buschfeld am 04.09.2014	39
Abb. 27	Messdaten am Ultraschall-Anemometer auf Buschfeld am 04.09.2014	40
Abb. 28	Messdaten am Ultraschall-Anemometer auf Keusenhof am 04.09.2014	40
Abb. 29	Lufttemperaturen (2 m) der Messfahrt in Ittertal Süd um 21:00 Uhr MEZ am 04.09.2014	42
Abb. 30	Lufttemperaturen der Messfahrt von 19:30 bis 21:00 Uhr MEZ in Ittertal Süd am 04.09.2014	43
Abb. 31	Aufbau der Thermalbildkamera auf der Planfläche Buschfeld	44
Abb. 32	Acker Buschfeld mit Sicht auf die Haaner Straße & Thermalszene (20:30Uhr MEZ) mit Messgeometrien	44
Abb. 33	Zeitreihe der nächtlichen Oberflächentemperaturen für Buschfeld	45
Abb. 34	Strömungsversuche mit einer Nebelmaschine am Standort Buschfeld	46
Abb. 35	Im ENVI-met Modell berücksichtigte Wechselwirkungen	57
Tab. 1	Parametrisierte sommerliche Standardrandbedingungen des Kaltluftproduktionsmodells nach Wiesner (Werte nach Wiesner 1986)	11
Tab. 2	Weitere Parameter zur Berechnung des Kaltluftproduktionsmodells nach Wiesner 1986)	11
Tab. 3	Mittlere Kaltluftproduktion während einer Strahlungsnacht (9h) im Sommer	16
Tab. 4	Strahlungsnächtliche Kaltluftproduktion der Planflächen im Sommer	17

1. Aufgabenstellung

In städtischen Gebieten mit hoher Bevölkerungs- und Bebauungsdichte liegen die durchschnittlichen Temperaturen bereits heute höher als im unbebauten Umland. Hier wird man in Zukunft unter den Annahmen des Klimawandels damit rechnen müssen, stärker als andere Gebiete von Hitzebelastungen betroffen zu sein. Auch der Städtebau der Zukunft kann nicht auf Wohn- und Gewerbegebiete verzichten. Im Hinblick auf die Funktion von Freiflächen zur Bereitstellung von Frisch- und Kaltluft, insbesondere auch unter Berücksichtigung der Verschärfung von städtischen Überhitzungen durch den Klimawandel, ist eine sorgfältige Überprüfung der möglichen Umwandlung in bebaute Gebiete unerlässlich.

Da das lokale Klima in einem direkten Zusammenhang zur Gestaltung der Umwelt steht, kann durch Veränderungen der Nutzungsstruktur das lokale Klima sowohl zum Positiven als auch zum Negativen verändert werden. Die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Klimaelementen und der Stadt sind jedoch zu komplex, als dass man sie ohne weiteres abschätzen könnte. Sollen die genauen Auswirkungen einer beabsichtigten Veränderung der Bebauungsstruktur vorhergesagt werden, so ist der Einsatz von numerischen Simulationsmodellen unumgänglich. Die klimatische Erfassung und Bewertung einer städtischen Teilfläche erfolgt im besten Fall durch eine Kombination von Messung und Analyse.

Die Klimauntersuchungen für das Ittertal werden einfließen in das „Gesamtgutachten für den Planungsraum Ittertal in der Stadt Solingen – unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten und ökologischen Gesichtspunkten“. Die klimatischen Betrachtungen werden im Gesamtgutachten nur ein Aspekt unter vielen anderen sein. Der Schwerpunkt der hier vorliegenden Untersuchung liegt auf den Wirkzusammenhängen zwischen den Freiflächen des Ittertals, den vier potenziellen Gewerbestandorten Piepersberg-West, Fürkeltrath II, Buschfeld und Keusenhof und der bebauten Umgebung während sommerlicher Strahlungswetterlagen. Bei Strahlungswetterlagen gewinnen lokalklimatische Ausprägungen stark an Bedeutung. Es stellt sich die Frage, ob die Freiflächen der Untersuchungsgebiete durch ihr Kaltluftpotenzial einen Beitrag zur Abschwächung der Hitzebelastung in angrenzenden Bereichen von Solingen und in angrenzenden Siedlungsbereichen der Nachbarstädte leisten und ob dieser Beitrag durch die geplante Umwandlung in Gewerbegebiete negativ verändert wird.

Die Analyse der Kaltluftrelevanz der vier Untersuchungsflächen erfolgt auf theoretischem Wege über die Berechnung mittels Formeln und GIS. Zusätzlich werden vor Ort Untersuchungen zur strahlungs-nächtlichen Kaltluftdynamik durchgeführt. Zwei Klimamessaktionen vor Ort während austauscharmer sommerlicher Strahlungsnächte zeigen die nächtliche Abkühlung sowie Kaltluftverlagerungen in den Plangebieten.

Es werden die drei Themenblöcke:

- Klimatische Wirkzusammenhänge im Gesamttraum Ittertal / Solingen und angrenzenden Bereichen
- Kaltluftrelevanz der betroffenen Flächen
- Praktische Empfehlungen für stadtklimatische Aspekte im Hinblick auf die Umsetzungsmöglichkeiten im Bebauungsplan

behandelt.

2. Die klimatische Situation des Ittertals in Solingen

Zur Ableitung des Handlungsspielraums im Ittertal ist es zunächst erforderlich, sich einen gesamtstädtischen Überblick über die klimatische Situation zu verschaffen. Zur Beurteilung der stadtklimatischen Situation werden vorhandene (Klima-)untersuchungen und die Klimanalyse der Stadt Solingen (Kuttler et al. 1993) herangezogen. Aus der Auswertung lassen sich bereits Rückschlüsse zu Belastungsgebieten und Ausgleichsräumen sowie zu den relevanten Wirkzusammenhängen ziehen. Heutige nachhaltige Stadtplanung muss auch den Klimawandel bei der Entwicklung von neuen gewerblichen Flächen einbeziehen. Schwerpunkt ist hier nicht die Berücksichtigung der Veränderungen von Mittelwerten, sondern das veränderte Auftreten von Extremereignissen wie Hitzetage oder Hitzewellen und Starkregenereignissen. Die Ergebnisse aus dem Klimaschutzteilkonzept „Anpassung an den Klimawandel für die Städte Solingen und Remscheid (ISB 2013) wurden herangezogen. Allerdings handelt es sich bei diesem Konzept nicht um eine klimatische Untersuchung, sondern um ein Strategiepapier. Unter Berücksichtigung dieser vorhandenen Untersuchungen wird die Bedeutung der vier potentiellen Gewerbeflächen im Ittertal analysiert und dargestellt.

Im Einzelnen werden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Analyse und Darstellung der klimatischen Situation im Ittertal in Solingen und angrenzenden Siedlungsbereichen aus vorhandenen Untersuchungen
- Darstellung der grundsätzlichen Wirkzusammenhänge zwischen Belastungsgebieten und Ausgleichsräumen
- Analyse der Bedeutung des Ittertals für das städtische Klima auch im Hinblick auf die zu erwartenden Klimaveränderungen

Im Hinblick auf die thermische Belastung der Bevölkerung sind die zu erwartenden Änderungen der sommerlichen Höchsttemperaturen von Interesse. Neben dem starken Anstieg der Sommertage und der Tropennächte fällt der extrem hohe Anstieg der heißen Tage mit Lufttemperaturen über 30 °C ins Gewicht. Während sich in den vergangenen 100 Jahren die Anzahl schon mehr als verdoppelt hat, kommt laut der aktuellen Klimawandel-Projektionen in den nächsten 50 Jahren nochmal ein Anstieg von über 200 % dazu.

Die Klimawandel-Projektionen für Niederschläge sind weniger eindeutig. Zu rechnen ist in Zukunft aber mit einer weniger gleichmäßigen Verteilung der Niederschläge und häufiger auftretenden Starkniederschlägen.

In zukünftige Planungen sind deshalb immer auch Anpassungsmaßnahmen an die Folgen des Klimawandels einzubeziehen. Dazu gehören die Zufuhr von kühler Luft in überhitzte Stadtgebiete sowie die Möglichkeiten, Niederschlagswasser zu versickern oder zeitweise in der Fläche zurückzuhalten, um Schäden im Fall von Extremniederschlägen zu vermeiden.

2.1 Wirkzusammenhänge zwischen Belastungsgebieten und Ausgleichsräumen unter Berücksichtigung des Klimawandels

Der Planungsraum Ittertal ist sowohl in der Stadtklimaanalyse Solingen (Kuttler et al. 1993) wie auch in der Klimaanalyse Wuppertal (Stadt Wuppertal 2000) überwiegend als Freiland mit positiven Klimaeigenschaften ausgewiesen. Nur in den Randbereichen der Hang-, Kamm- und Kuppenlagen treten locker bis geschlossen bebaute Stadtbereiche auf. Der Talraum mit nur locker bis mäßig bebauten Hangbereichen (Klimatop 3.3 der Klimaanalyse Solingen, siehe Abb. 1) ist durch eine hohe nächtliche Kaltluftproduktion geprägt. Aus den Seitentälern und den unbebauten Hanglagen fließt dem Talraum zusätzliche Kaltluft zu. Innerhalb des Talverlaufs kann es durch Strömungshindernisse wie Bahndämme (z. B. der Bahndamm bei Schloss Caspersbroich) zu einer Behinderung des Kaltluftflusses und damit zur Ausbildung von Kaltluftstagnationsgebieten kommen. Hier wird der Luftaustausch während windschwacher Wetterlagen zusätzlich herabgesetzt und Luftschadstoffe können sich bodennah anreichern. Die Bereiche der Kaltluftstagnation im unteren Talbereich sind bei wind-schwachen Strahlungswetterlagen als klimatische Ungunsträume zu bewerten. Durch Talinversionen, die die bodennahe Kaltluft zu den darüber liegenden wärmeren Luftschichten abgrenzt und keinen vertikalen Luftaustausch zulässt, kann es zu lufthygienischen Belastungen in Tal- und unteren Hangbereich kommen. Hier sollten bodennahe Emissionen durch starkes Verkehrsaufkommen oder Industrieabgase ohne hohe Schornsteine vermieden werden.

In den Kamm- und Hanglagen des Ittertals treten nur vereinzelt locker bis mäßig bebaute Bereiche auf (Klimatope 1.1 und 1.2, siehe Abb. 1a und 1b). Gute Luftaustauschbedingungen bei nur geringer Überwärmung tagsüber machen diese Bereiche überwiegend zu einem lokalklimatischen Gunstraum. Freiflächen mit lokaler Ausgleichsfunktion sind ausreichend vorhanden. Die locker bebauten Bereiche in den unteren Hanglagen des Ittertals (Klimatop 2.1) können bei windschwachen Wetterlagen eingeschränkte nächtliche Luftaustauschbedingungen aufweisen. Kaltluftbildung und –zufluss aus den Freilandbereichen des Ittertals bilden eine Sperrschicht aus, unter der sich Luftschadstoffe anreichern können. Die Höhe dieser Sperrschicht ist von der Menge der Kaltluft abhängig und in der Regel im Winter höher als im Sommer. Während der Sommernächte mit Strahlungswetterlage liegt die Sperrschicht in Bodennähe, meist deutlich unterhalb von 10 m Höhe über Grund. Tagsüber sind die Austauschbedingungen gut und die Erwärmung ist nur mäßig ausgeprägt.

Die überwiegend geschlossen bebauten Bereiche der Kamm- und Kuppenlagen entlang des südöstlichen Randes des Ittertals auf Solinger Stadtgebiet sowie nordwestlich des Ittertals auf Haaner Stadtgebiet (Klimatope 1.3 bis 1.5, siehe Abb. 1) weisen aufgrund der hohen Versiegelungsrate bei Strahlungswetter eine hohe Erwärmung tagsüber und eine geringe bis mäßige nächtliche Abkühlung auf. Die sommerliche Hitzebelastung ist im Vergleich zu Innenstadtbereichen nicht ausgeprägt und tritt nur vereinzelt an wenigen Tagen im Jahr auf. In diesen Bereichen kann aufgrund des Klimawandels in Zukunft mit einer deutlichen Zunahme der Hitzebelastung gerechnet werden.

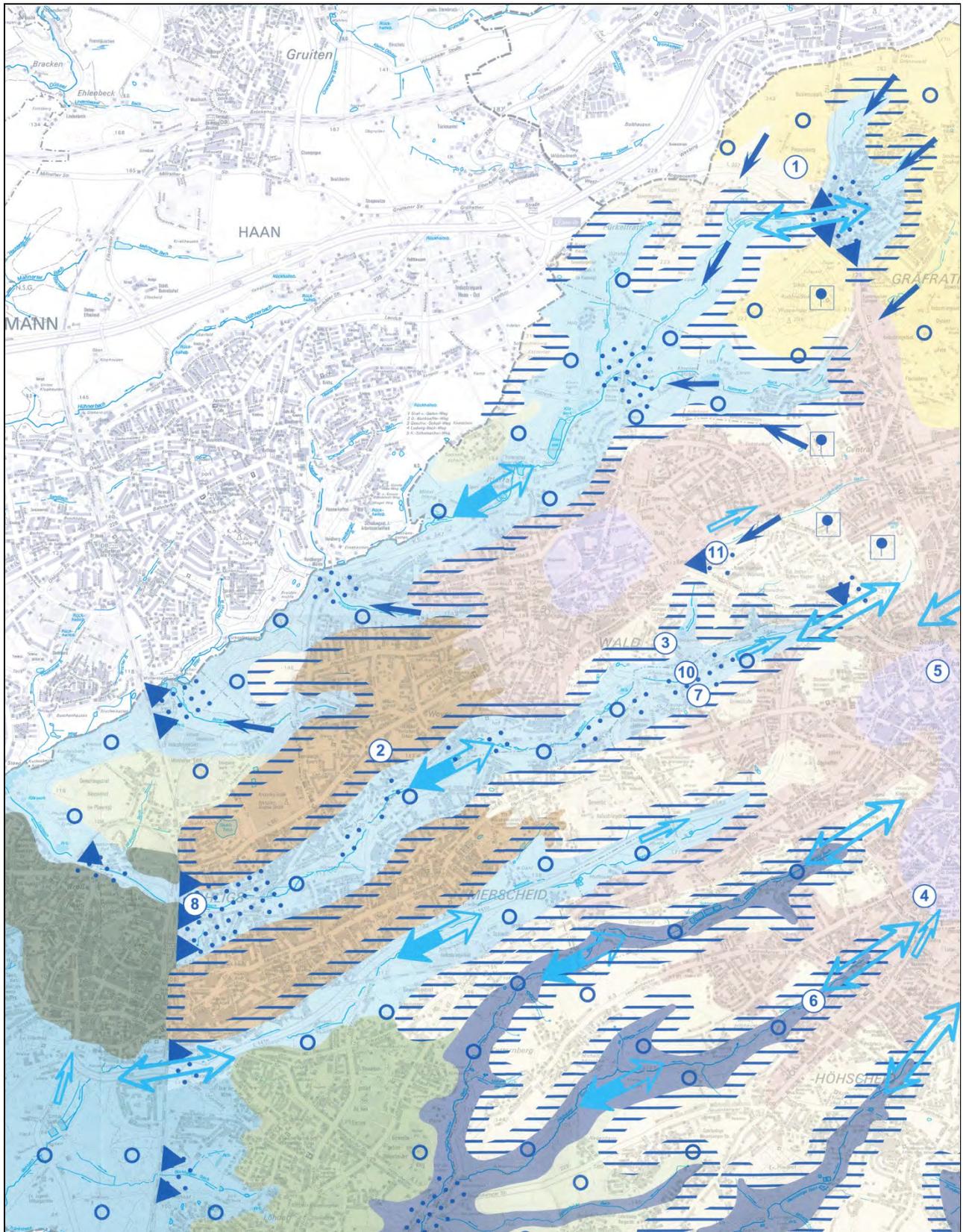


Abb. 1a Ausschnitt aus der Klimafunktionskarte (Klimaanalyse Solingen 1993)

Planungsrelevante Klimafunktionskarte Stadt Solingen

repräsentativ für austauschschwache Wetterlagen

Immissionsklimatische Situation

Planungshinweise

1. RAUMEINHEIT: KAMM- UND KUPPENLAGEN OBERHALB BZW. IM SCHWANKUNGSBEREICH DER SPERRSCHICHT

Klimatop 1.1 Kuppenlagen mit Freiflächen und offenen Siedlungsbereichen

- Sehr gute Austauschverhältnisse, geringe Anzahl kurz anhaltender Schwachwindepisoden
- Tagsüber mäßige Erwärmung, nachts mäßige Abkühlung (geringe Temperaturamplituden)
- Sehr geringe Schwülegefährdung
- Geringes klimatisches Immissionspotential

Klimatop 1.2 Kamm- und obere Hanglagen mit Freiflächen sowie locker bis mäßig bebauten Stadtbereichen

- Gute, z.T. expositionsabhängige Austauschverhältnisse, geringe Anzahl kurz anhaltender Schwachwindepisoden
- Tagsüber mäßige Erwärmung, nachts mäßige bis starke Abkühlung
- Geringe Schwülegefährdung
- Geringes bis mäßiges klimatisches Immissionspotential

Klimatop 1.3 Obere Kamm- und Kuppenlagen mit überwiegend geschlossen bebauten Stadtbereichen

- Gute bis mäßige Austauschverhältnisse, örtlich erhöhte Anzahl kurz anhaltender Schwachwindepisoden
- Tagsüber mäßig bis hohe Erwärmung, nachts geringe bis mäßige Abkühlung
- Lokales Auftreten von Schwüle in kürzeren Episoden möglich
- Geringes bis mäßiges klimatisches Immissionspotential

Klimatop 1.4 Kamm- und Kuppenlagen mit hoch verdichteten Stadtbereichen

- Örtlich eingeschränkte Austauschverhältnisse, häufiges Auftreten kurz anhaltender Schwachwindepisoden
- Tagsüber hohe Erwärmung, nachts sehr geringe Abkühlung (Wärmeisoleffekt)
- Häufiges Auftreten von Schwüle in kürzeren Episoden
- Mäßiges klimatisches Immissionspotential

Klimatop 1.5 Untere Kammlagen mit überwiegend geschlossenen bebauten Stadtbereichen

- Eingeschränkte Austauschverhältnisse, häufiges Auftreten lang anhaltender Schwachwindepisoden
- Tagsüber sehr hohe Erwärmung, nachts geringe bis mäßige Abkühlung
- Häufiges Auftreten von Schwüle und Hitzestress in länger anhaltenden Episoden
- Mäßiges bis hohes klimatisches Immissionspotential
- Keine weiteren Schadstoffemittenten ansiedeln, Senkung der industriellen Emissionen auf den Stand der Technik

- Erweiterung der Wohnbebauung oberhalb von Gräfrath möglich
- Erhaltung zusammenhängender Freiflächen zur lokalen Kaltluftproduktion innerhalb geplanter Gewerbegebiete
- Kaltluftabflussbahnen freihalten
- Zusammenhängende Waldflächen erhalten (Filterfunktion)

- Ausbau der Wohn- und Mischbebauung oberhalb der Sperrschicht möglich, keine Bebauung im Bereich von Kaltluftabflussbahnen
- Sicherung und Ausbau zusammenhängender Freiflächen zwischen der Innenstadt und den Talräumen zur Förderung des Luftaustausches

- Senkung der industriellen Emissionen auf den Stand der Technik
- Entsiegelung und Bepflanzung industrieller und gewerblicher Flächen
- Reduzierung des Durchgangsverkehrs, Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs
- Schaffung ruhigkeitsarmer Zonen oberhalb der Bachtäler
- Parkanlagen und Grünflächen erhalten (Oasen- und Filtereffekt)

- Reduzierung des Durchgangsverkehrs, Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs (Park and Ride, Pendlerbusse)
- Deutliche Senkung der Schadstoffemissionen im Bereich der Luftleitbahnen anstreben
- Parkanlagen erhalten und mit anderen Grünflächen verbinden
- Fassaden- und Dachbegrünung, Entsiegelungsmaßnahmen

- Ausbau des öffentlichen Nahverkehrs
- Anschluss an das Fernwärmenetz bzw. an Blockheizkraftwerke zur Senkung der Hausbrandemissionen
- Fassaden- und Dachbegrünung, Entsiegelungsmaßnahmen

2. RAUMEINHEIT: UNTERE KAMM- UND HANGLAGEN UNTERHALB DER SPERRSCHICHT

Klimatop 2.1 Untere Kamm- und Hanglagen mit Freiflächen sowie offenen Siedlungsbereichen

- Tagsüber gute, nachts mäßige Austauschverhältnisse, geringe Anzahl länger anhaltender Schwachwindepisoden
- Tagsüber mäßige Erwärmung, nachts starke Abkühlung
- Geringe bis mäßige Schwülegefährdung
- Nachts hohes klimatisches Immissionspotential

Klimatop 3.3 Talräume mit locker bis mäßig bebauten Hanglagen

- Ganztäglich sehr eingeschränkte Austauschverhältnisse, starke Winddämpfung durch vorgelagerte bebauete Riedel, sehr häufiges Auftreten länger anhaltender Schwachwindepisoden
- Tagsüber hohe Erwärmung, nachts sehr starke Abkühlung
- Sehr häufiges Auftreten von Schwüle in länger anhaltenden Episoden
- Sehr hohes klimatisches Immissionspotential

- Ausbau der Wohnbebauung nur bei Anbindung an das Fernwärmenetz
- Bodennahe Emissionen vermeiden
- Kein Ausbau der Verkehrswege
- Hohen Freiflächenanteil beibehalten

- Keine bodennahen Emittenten ansiedeln (Talinversion), Senkung bestehender Emissionen
- Keine weitere Wohnbebauung, Anschluss der jetzigen Wohnbebauung an das Fernwärmenetz bzw. Blockheizkraftwerke
- Quer zum Tal verlaufende Hindernisse vermeiden
- Talaustränge und Talanfänge offenhalten
- Luftleitfunktion der Täler erhalten und fördern
- Sicherung einer intakten Talvegetation (Filterfunktion)

KLIMATOPÜBERGREIFENDE KLIMAFUNKTIONEN

Großflächige Kaltluftentstehungs- und Luftregenerationsgebiete

- Hohe nächtliche Kaltluftproduktion auf Freiflächen
- Filterfunktion insbesondere der Waldflächen
- Bodennahe Schadstoffemissionen vermeiden
- Verinselung entgegenwirken

Kleinflächige bebauungsnahe Ausgleichsräume

- Lokalklimatische Gunsträume mit hoher Bedeutung aufgrund der unmittelbaren Nähe zum Wirkungsraum
- Kaltluftproduktion
- Erweiterung zu einem innerstädtischen Grünverbundsystem
- Offene Übergänge zu tiefergelegenen Bebauungsstrukturen schaffen, Baulücken offenhalten

Kaltluftstau und Kaltluftstagnationsgebiete

- Behinderung des Kaltluftabflusses durch Strömungshindernisse
- Kaltluftansammlung im Einmündungsbereich der Bachtäler und gering geneigter Talsohlenabschnitte
- Eingeschränkter horizontaler und vertikaler Luftaustausch
- Hohes klimatisches Immissionspotential
- Bodennahe Schadstoffemissionen vermeiden
- Keine Ausweisung von Wohnbauflächen
- Entriegelungsmaßnahmen für bestehende Hindernisse

Jahreszeitenabhängiger Schwankungsbereich der Sperrschicht

- Starke Behinderung des vertikalen Luftaustausches im Bereich der Sperrschicht
- Erhöhtes klimatisches Immissionspotential
- Möglichst von Bebauung und Trassenführung freihalten
- Senkung der bodennahen Schadstoffemissionen

Talab- und Talauflandwind

- Diurnale Windfeldausprägung innerhalb der Täler mit einer nächtlichen kaltluftinduzierten talabwärts gerichteten Strömung und einer am Tage überwiegend auf Kanalisierungseffekte zurückzuführenden talaufwärts gerichteten Komponente
- Täler von bodennahen Emittenten freihalten
- Quer zum Tal verlaufende Hindernisse vermeiden

Kleinräumige Kaltluftabflüsse

- Lokalklimatische Ausgleichswirkung abhängig von der Ausrichtung zum Wirkungsraum
- Kaltluftabflussbahnen, die in bebauete Gebiete hineinführen, freihalten

Abb. 1b Ausschnitt aus der Legende der Klimafunktionskarte (Klimaanalyse Solingen 1993)

Unter den Bedingungen des Klimawandels ist es unverzichtbar, klimatische Ziele für die Stadtentwicklung zu formulieren und die bestehenden Strukturen zu optimieren. Die klimatisch wichtigen Ausgleichsräume in der Stadt und ihre Wechselbeziehungen mit den Lasträumen gewinnen in Zukunft einen noch größeren Stellenwert. Bereiche mit erhöhter klimatischer Belastung werden als „Lasträum“ und Räume mit ausgleichender Funktion als „Ausgleichsraum“ bezeichnet.

Ausgleichsräume sind überwiegend unbebaute oder nur locker bebaute Freiflächen unterschiedlicher Größe und Funktion. Dabei werden regional bedeutsame Ausgleichsräume, Wald- und Wasserflächen, die unter bioklimatischen Gesichtspunkten wichtig sind sowie städtische Grünflächen, die den Siedlungsraum gliedern, unterschieden.

Im Einzelnen sind folgende positive Eigenschaften der Ausgleichsräume hervorzuheben:

- geringer Emissionsanteil und die Fähigkeit, Luftschadstoffe zu binden und zu filtern,
- geringe Oberflächenrauigkeit, die zu einer Verbesserung der Belüftungssituation beiträgt,
- Produktion von Frisch- und Kaltluft durch starke nächtliche Abkühlungen an warmen und heißen Tagen.

Die Freiflächen und bewaldeten Bereiche im Planungsraum Ittertal weisen diese Eigenschaften auf.

Lasträume sind die bebauten Bereiche in der Stadt. Sie können entsprechend der Dichte der Bebauung und in den Lasträum der Industrie- und Gewerbeflächen eingeteilt werden.

Thermische Belastungen durch besonders starke Erwärmung tagsüber und/oder abgeschwächte Abkühlung nachts treten erst in weiter entfernten Stadtteilen von Solingen (in Ohligs und im Bereich der Solinger Innenstadt) auf. Die bebauten Bereiche entlang des Ittertals weisen nur eine mäßige Wärmebelastung auf, die sich aber im Zuge des Klimawandels verschärfen kann.

Ein wichtiges Ziel der Klimaanpassung ist es, Wärmeinseleffekte in Städten zu verringern und so den Hitzestress für die Bevölkerung zu minimieren. Hierfür sind unter anderem genügend Frischluftschneisen erforderlich. Die in windschwachen Strahlungsnächten talabwärts gerichteten Kaltluftströmungen könnten bei entsprechender Anbindung an überhitzte Stadtteile zur Abschwächung von Hitzebelastungen führen. Die Frei- und Waldflächen im Ittertal können aufgrund ihrer klimatischen Eigenschaften als Ausgleichsräume bezeichnet werden. Diese Funktion ist allerdings nur dann von nicht nur lokaler Relevanz, wenn eine Anbindung an Lasträume besteht. Die Wirkgebiete für die Ausgleichsfunktion des Ittertals sind abhängig von der übergeordneten Wetterlage. Bei austauschstarkem Wetter (allochthone Wetterlagen) herrschen vorwiegend westliche bis südöstliche Windrichtungen vor. Die Wirkgebiete des Ittertals liegen in diesem Fall in nördlichen Richtungen auf Wuppertaler Stadtgebiet, das Stadtgebiet von Solingen wäre also kaum betroffen. Zusätzlich besteht bei diesen Wetterlagen kaum die Gefahr einer Überhitzung. Über 70 % der Wetterlagen in Solingen entsprechen diesem Typ (Stadtklimaanalyse Solingen, Kuttler et al. 1993).

Anders sieht die Situation bei windschwachen Wetterlagen aus, die im Jahresverlauf nur mit rund 20 % auftreten (Stadtklimaanalyse Solingen, Kuttler et al. 1993). Die dominierenden lokalklimatischen Effekte im Ittertal sind talabwärts fließende Kaltluftströmungen. Diese be-

wegen sich entsprechend dem Talverlauf nach Südwesten und haben keinen Einfluss auf die hangaufwärts gelegenen Lasträume der dichter bebauten Stadtteile von Solingen. Luftleitbahnen Richtung Innenstadt oder Ohligs existieren aufgrund der Höhenunterschiede nicht (vgl. auch Abb. 2).

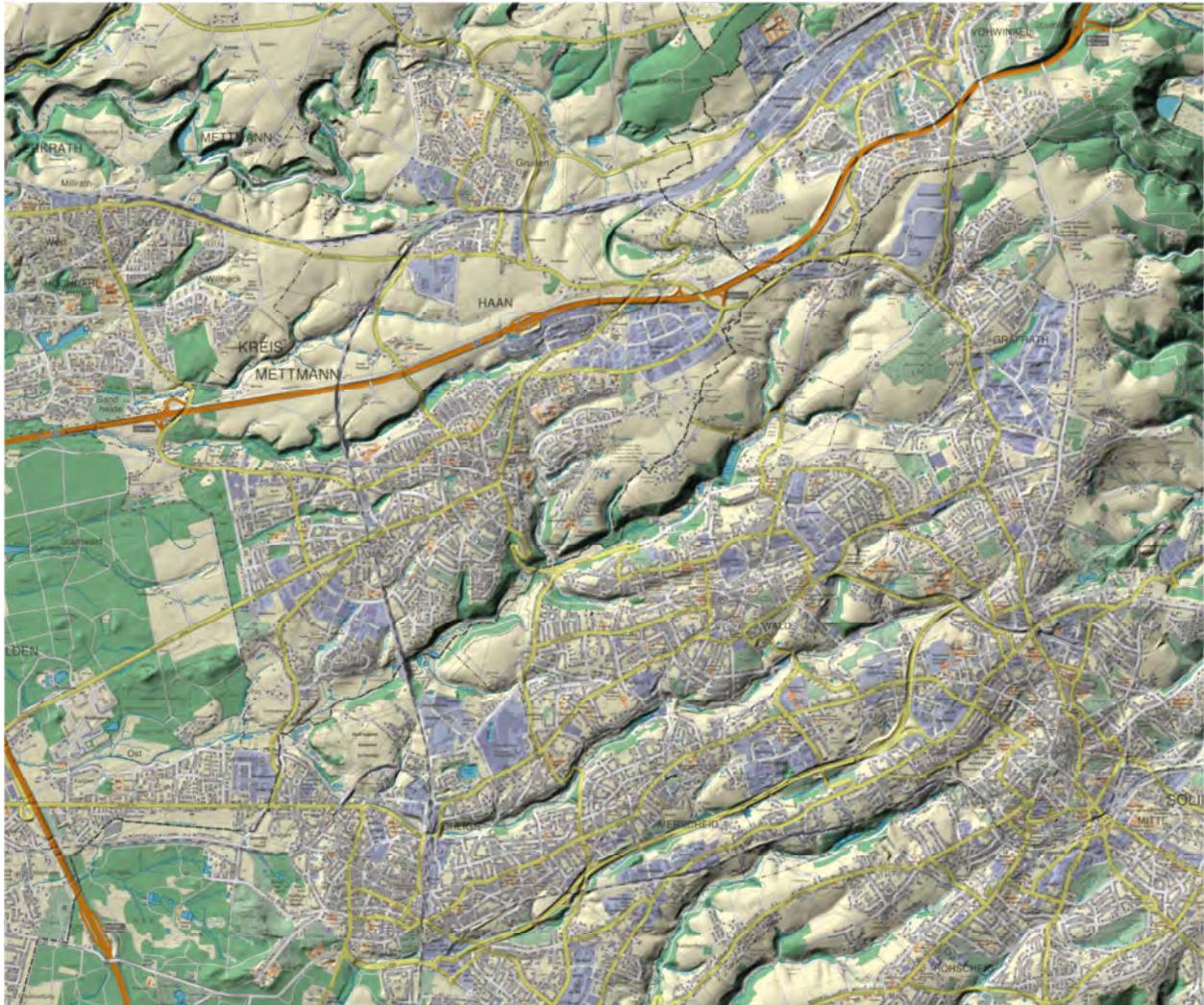


Abb. 2 Orographie und Flächennutzung in der weiteren Umgebung des Ittertals

2.2 Die kaltluftproduzierenden Flächen im Untersuchungsgebiet Ittertal unter besonderer Berücksichtigung der sommerlichen strahlungsächtlichen Kaltluftdynamik

Die Kaltluftproduktion auf den Freiflächen des Ittertals sowie die Bewegungen über Kaltluftbahnen und Kaltluftakkumulationen werden zunächst auf theoretischem Wege über die Berechnung mittels Formeln und GIS abgeschätzt. Als Datengrundlage gehen die Energiebilanzen der Oberflächen in die Kaltluftbildungsberechnungen sowie die Orographie des Un-

tersuchungsgebietes und aus den Flächennutzungen abgeleitete Rauheitswerte in die Kaltluftbetrachtungen ein.

Die natürliche Kaltluftproduktion einer Fläche ist von der Orographie bzw. dem Relief sowie den thermischen Eigenschaften abhängig. Als bedeutendste Kaltluftproduktionsgebiete gelten die naturbelassenen Freiflächen wie Wiesen, Äcker und auch Wälder. Mit Zunahme der Hangneigung nimmt auch die Kaltluftproduktion zu, da diese permanent in Richtung Talsohle abfließen kann und sich in den tieferen Lagen ansammelt bzw. dem natürlichen Gefälle folgt. Durch diesen „Abtransport“ der Kaltluft entsteht in den höheren Lagen ein Defizit, welches durch erneute Kaltluftproduktion ausgeglichen wird und worauf die Kaltluft erneut abfließt. Somit wird bei entsprechenden Witterungsbedingungen in der Nacht kontinuierlich Kaltluft produziert. Entsprechend der Orographie können die einzelnen Kaltluftströme zusammenfließen oder auch aufgrund von Barrieren oder Geländevertiefungen in Kaltluftsenken teilweise oder vollständig akkumulieren.

Von der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes Ittertals, welche 2374 ha umfasst, sind 843 ha als Flächen mit relevantem Kaltluftbildungspotential zu betrachten. Hiervon werden 662 ha als Grünland oder Ackerfläche genutzt, Wälder haben einen Flächenanteil von 181 ha. Die restlichen Gebiete sind entweder bebaut oder es handelt sich um kleine Freiflächen mit ausschließlich lokaler thermischer Ausgleichsfunktion.

Die orographische Struktur und die Flächennutzung im Bereich des Ittertals bedingt eine Strukturierung der Freiflächen in unterschiedliche Kaltluftbildungsareale. Die Darstellung dieser Flächen in der Karte 1 geschieht auf Grundlage der Stadtklimaanalyse Solingen (Kuttler et al. 1993). Auf Grund des größeren Darstellungsausschnittes in den Grenzen des Untersuchungsgebietes Ittertals und den Veränderungen in der Landnutzung, so zum Beispiel den bereits ausgewiesenen aber noch nicht vollständig bebauten gewerblichen Flächen Businesspark Piepersberg-Ost und Gewerbegebiet Fürkeltrath I, wurde die Karte an die aktuellen Gegebenheiten angepasst.

Grundsätzlich wird eine Einteilung in drei Kaltluftbereiche vorgenommen. Von übergeordneter Bedeutung sind die Flächen des nördlichen und südlichen Ittertals. Darüber hinaus existieren noch weitere Kaltluftflächen ohne Strömungsbezug zum Einzugsbereich Ittertals (hellblaue Flächen in der Karte 1). Diese insgesamt 250 ha ausmachenden Flächen sind nicht miteinander verbunden. Die Kaltluft auf diesen Flächen fließt nicht in das Ittertals im Bereich des Untersuchungsgebietes, die Kaltluftproduktion darf deshalb nicht in das Gesamtvolumen des Ittertals mit eingerechnet werden.

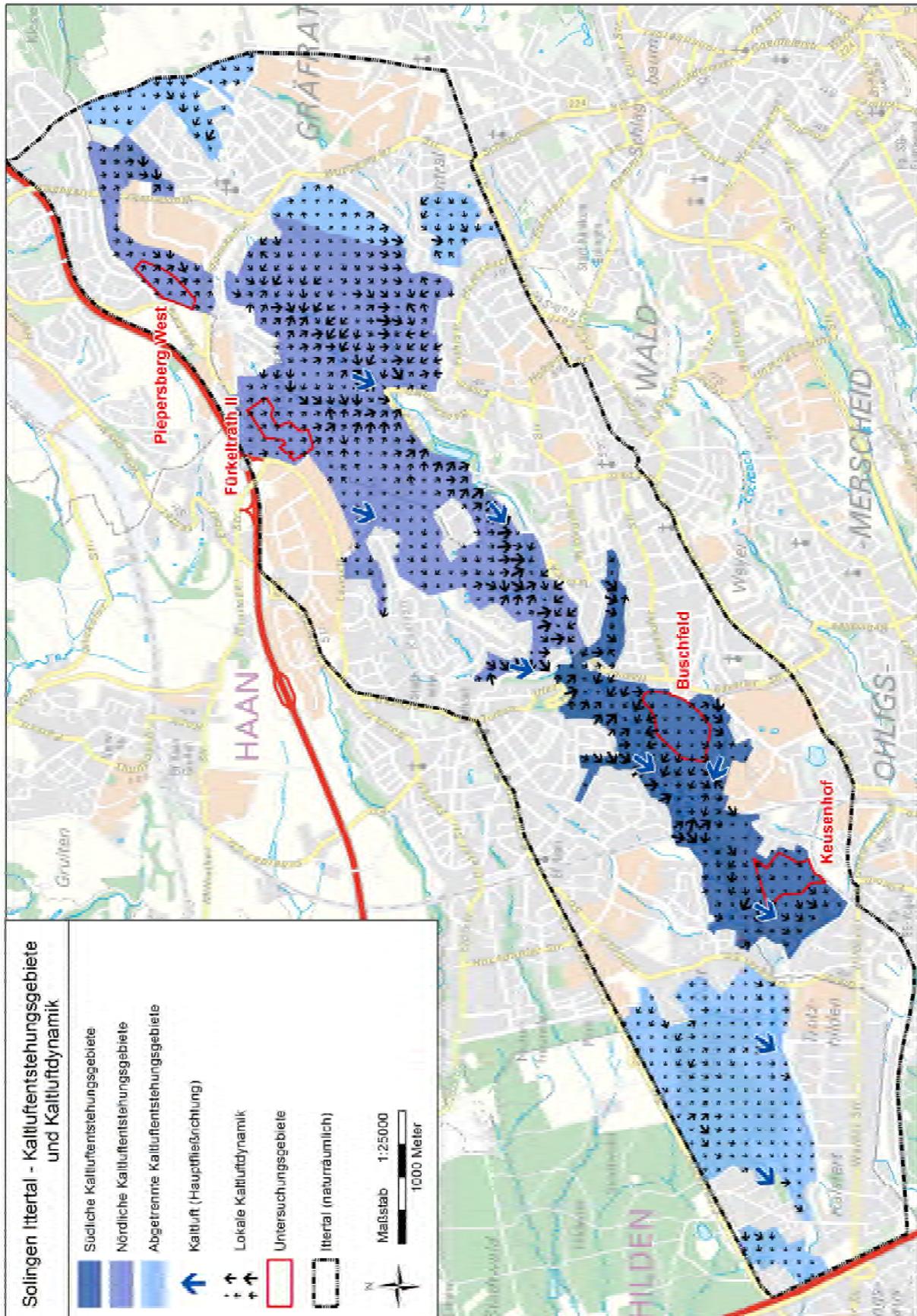
Das nördliche Kaltluftbildungsgebiet erstreckt sich vom Piepersberg bis zum Kreisverkehr an der Ittertalsstraße / Haaner Straße, wird also durch den nördlichen Einzugsbereich der Itter beschrieben. Die Gesamtfläche dieses Areals beträgt rund 410 ha und besitzt eine maximale Breite in der Talquerachse von etwa 2000 m. An seiner südlichen Grenze verengt sich diese Fläche auf eine Breite von 140 m. Zusätzlich zu dem Kaltluftbildungspotential des Haupttales existieren Kaltluftströme aus den Talbereichen des Holzer Baches, des Nümmener Baches und aus den, im Haaner Stadtgebiet befindlichen, Einschnitten des Haaner Baches und des

Bastianbaches. Die Planflächen Piepersberg-West und Fürkeltrath II befinden sich in diesem Gebiet.

Die Grenze zwischen dem nördlichen und südlichen Hauptareal ergibt sich aus der starken Einengung der Kaltluftpotentialflächen im Bereich des Kreisverkehrs an der Ittertalsstraße / Haaner Straße durch die Enge des Tals und die vorhandene Bebauung. Dieser Grenzbe-
reich stellt wahrscheinlich kein vollständiges Zirkulationshindernis dar, eine erhebliche Her-
absetzung der Durchströmung, bis zur Stagnation bei geringer Kaltluftmächtigkeit und –
fließgeschwindigkeit, ist hier jedoch kennzeichnend. Das südliche Hauptgebiet besitzt eine
Fläche von rund 183 ha mit einer maximalen Breite in der Talquerachse von 850 m im Be-
reich des Plangebietes Buschfeld. Nebentäler mit relevanten Zuströmungen bilden der Krau-
sener Bach und der Baverter Bach. Ein weiterer Teil des Kaltluftpotentials dieser Hauptflä-
che, die im Süden durch den Lochbach und den bogenförmigen Bahndamm der S-Bahn be-
grenzt wird, stammt von den Talhängen des Horster Baches auf Haaner Stadtgebiet.

Neben diesen großflächigen, durch ihre Strömungsdynamik weitgehend verbundenen Gebie-
ten des Ittertals existieren weitere Kaltluftpotentialflächen, die orographisch und durch die
Bebauung von den Hauptflächen abgetrennt sind. Im Norden des Naturraumes Ittertals exis-
tieren drei dieser Flächen. Diese werden durch den Stadtwald Gräfrath und die Grünflächen
um die Straße Nümmener Feld gebildet. Der städtische Parkfriedhof an der Wuppertaler
Straße wirkt durch seine Kuppenlage als Kaltluftscheide. Die größte Fläche dieser Kategorie
stellt im Süden des Naturraumes die Hildener Heide auf Hildener Stadtgebiet dar. Da diese
Fläche bereits im Bereich der Hildener Mittelterrasse liegt, wird sie nicht mehr zu den Kalt-
luftpotentialflächen des Ittertals gerechnet.

Die Kaltluftdynamik ist in der Karte (Karte 1) durch Pfeilsignaturen kenntlich gemacht. Die
großräumige Strömung wird durch blaue Pfeile repräsentiert, lokale Strömungen werden
durch schwarze Pfeile mit unterschiedlicher Richtung und Strömungsintensität abgebildet.
Insgesamt sind die Hauptflächen der Kaltluftproduktion im Ittertals durch Kaltluftströmungen in
südwestlicher Richtung, also dem Talverlauf weitgehend folgend, geprägt. Weitere Zuflüsse
stammen aus den Nebenbachtälern. Die Kaltluftproduktion im nördlichen Hauptgebiet findet
im Oberlauf der Itter auf den Flächen im Einzugsbereich der Zuflüsse statt. Im Mittellauf han-
delt es sich bei den kaltluftproduzierenden Flächen meist um die nördlichen Talhänge
(Südexposition) und Kammlagen. Im südlichen Kaltluftbildungsgebiet des Ittertals sind die
Kammlagen im Stadtgebiet Haan weitgehend bebaut, hier können nur die Talhänge einen
Beitrag zum Gesamtkaltluftvolumen leisten. Auf Solinger Stadtgebiet sind die Kammlagen
um das Untersuchungsgebiet Buschfeld und Keusenhof maßgeblich an der Kaltluftprodukti-
on beteiligt. Ein erhebliches Strömungshindernis in diesem Teilraum stellt der Bahndamm bei
Schloss Caspersbroich nördlich des Industriegebietes Monhofer Feld dar. Hier wird die süd-
westliche Kaltluftströmung unterbrochen, auf der östlichen Seite des Dammes existiert somit
ein Kaltluftstagnationsgebiet.



Karte 1: Solingen Ittertal, Kaltluftentstehungsgebiete und Kaltluftdynamik

3. Kaltluftanalyse der vier potenziellen Gewerbestandorte

Die Abschätzung der Kaltluftproduktion der vier Untersuchungsgebiete erfolgt analog durch Heranziehung von Formelansätzen aus der Literatur. Die autochthone (= ohne übergeordneten Einfluss lokal auf der Fläche gebildete) Kaltluftproduktion einer Sommernacht (9 h lang) als Maß des klimatischen Ausgleichspotentiales wird nach dem Modellansatz von Wiesner (1986) berechnet:

$$V_{KL} = \frac{\alpha_{ST}\epsilon(a - b10^{-ce})(T_{KL} - T_B)\Delta t A_F}{\rho_{KL}c_p\Delta T_R}$$

mit

V_{KL} :	Kaltluftvolumen	[m ³]
α_{ST} :	Strahlungsübergangskoeffizient	[W m ⁻² K ⁻¹]
ϵ :	thermischer Emissionskoeffizient	[1]
a, b, c:	empirische ÅNGSTRØM-Konstanten der langwelligen Ausstrahlung	[1]
e:	aktueller Dampfdruck	[hPa]
T_{KL} :	absolute Kaltlufttemperatur	[K]
T_B :	absolute Lufttemperatur in Bodennähe	[K]
Δt :	Andauer der Ausstrahlung	[s]
A_F :	Ausstrahlungsfläche	[m ²]
ρ_{KL} :	Kaltluftdichte	[kg m ⁻³]
c_p :	spezifische Wärmekapazität trockener Luft bei konstantem Druck	[J kg ⁻¹ K ⁻¹]
ΔT_R :	Betrag der Strahlungsabkühlung der Luft	[K]

Tab. 1 Parametrisierte sommerliche Standardrandbedingungen des Kaltluftproduktionsmodells nach Wiesner (Werte nach Wiesner 1986)

Faktor	Wert	Einheit
α_{ST}	5,93	[W m ⁻² K ⁻¹]
e	12,6	[hPa]
$T_{KL} - T_B$	1,7	[K]
Δt	32400	[s]
ΔT_R	1,5	[K]
ϵ (Wiese / Acker)	0,97	[1]
ϵ (Wald)	0,9	[1]

Tab. 2 Weitere Parameter zur Berechnung des Kaltluftproduktionsmodells (nach Wiesner 1986)

Faktor	Wert	Einheit
c_p	1004,67	[J kg ⁻¹ K ⁻¹]
a; b; c;	0,82; 0,25; 0,126	[1]
ρ_{KL}	1,22	[K]

Piepersberg-West

Das Untersuchungsgebiet Piepersberg-West (Abb. 3) liegt am nordwestlichen Stadtrand von Solingen an der Grenze zu Wuppertal, im Stadtbezirk Gräfrath. Es liegt im nördlichen Einzugsbereich der Itter im Gebiet des Solinger Höhenrückens im Bereich eines regionalen Freiraums. Der geometrische Mittelpunkt des Plangebietes besitzt die Koordinaten R ²⁵74218 und H ⁵⁶75938, seine Fläche beträgt 6,8 ha. Im Osten des Untersuchungsgebietes liegt der bereits teilweise bebaute Businesspark Piepersberg. Das Gelände fällt in südöstlicher Richtung mit einem durchschnittlichen Gefälle von 5,2° ab, wobei die Geländeneigung mit Talgrundnähe zunimmt. Der höchste Geländepunkt findet sich auf 250 m ü. NN, der niedrigste Bereich liegt bei 230 m ü. NN. Im Ist-Zustand wird das Gebiet als Grünland und Ackerfläche genutzt. Geplant ist eine gewerbliche Bebauung des Gebietes.



Abb. 3 Untersuchungsgebiet Piepersberg-West

Fürkeltrath II

Das Plangebiet Fürkeltrath II (Abb. 4) befindet sich im Nordwesten von Solingen-Gräfrath an der Stadtgrenze zu Haan. Im Westen liegt der Industriepark Haan-Ost, in den umgebenden Acker- und Grünflächen liegen im Süden und Osten die Kleinsiedlungen Holz und Gütchen. Das Untersuchungsgebiet hat die Zentralkoordinaten R ²⁵73116 und H ⁵⁶75076 und grenzt eine Fläche von 8,6 ha ab. Zum jetzigen Zeitpunkt wird die Fläche als Ackerland genutzt. Der höchste Punkt im Untersuchungsgebiet befindet sich auf 207 m ü. NN. Das Gelände besitzt ein durchschnittliches Gefälle von 4,1° in südöstlicher Richtung, der niedrigste Punkt liegt bei 194 m ü. NN. Geplant ist eine gewerbliche Bebauung des Gebietes.

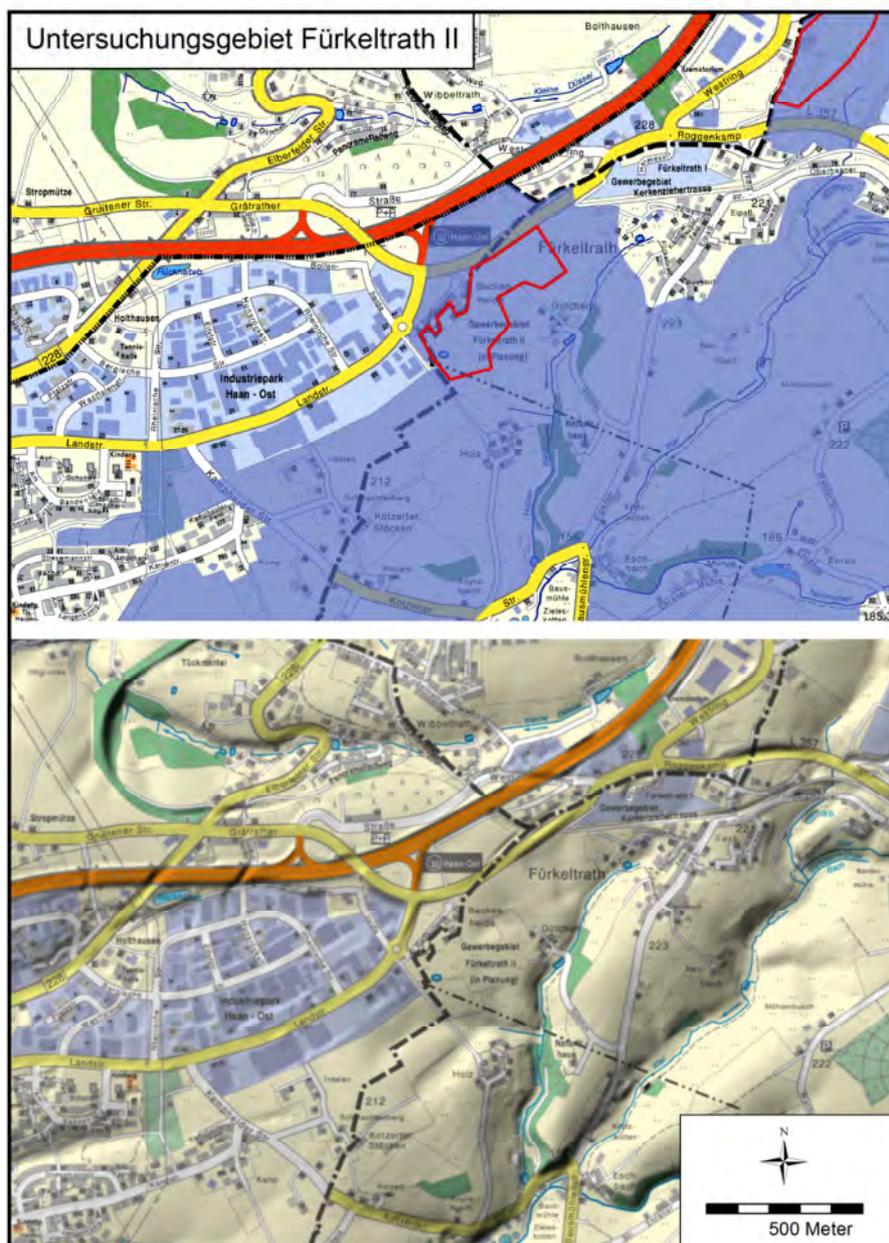


Abb. 4 Untersuchungsgebiet Fürkeltrath II

Buschfeld

Die Zentralkoordinaten des Plangebietes Buschfeld (Abb. 5) lauten R ²⁵70897, H ⁵⁶72099, die umgrenzte Fläche beträgt 16,2 ha. Buschfeld befindet sich im Stadtbezirk Wald. Im Süden der Fläche befindet sich das Industriegebiet Monhofer Feld sowie das Gelände eines großen metallverarbeitenden Betriebs. In Richtung Nordwesten liegt der Taleinschnitt der Itter mit bewaldeten Hängen, im Südwesten verläuft der Baverter Bach. Im Osten grenzt das Untersuchungsgebiet an die Blockbebauung der Baverter Straße. Das Gebiet ist durch eine Kuppenlage gekennzeichnet und weist eine maximale Höhe von 148 m ü. NN auf. Die durchschnittliche Hangneigung beträgt 3,8°, der niedrigste Punkt liegt auf 125 m Höhe ü. NN. Das steilste Gefälle liegt in Richtung Westnordwest zur Talsohle des Ittertals. Das Gebiet wird als Ackerfläche genutzt, geplant ist eine gewerbliche Bebauung des Gebietes.

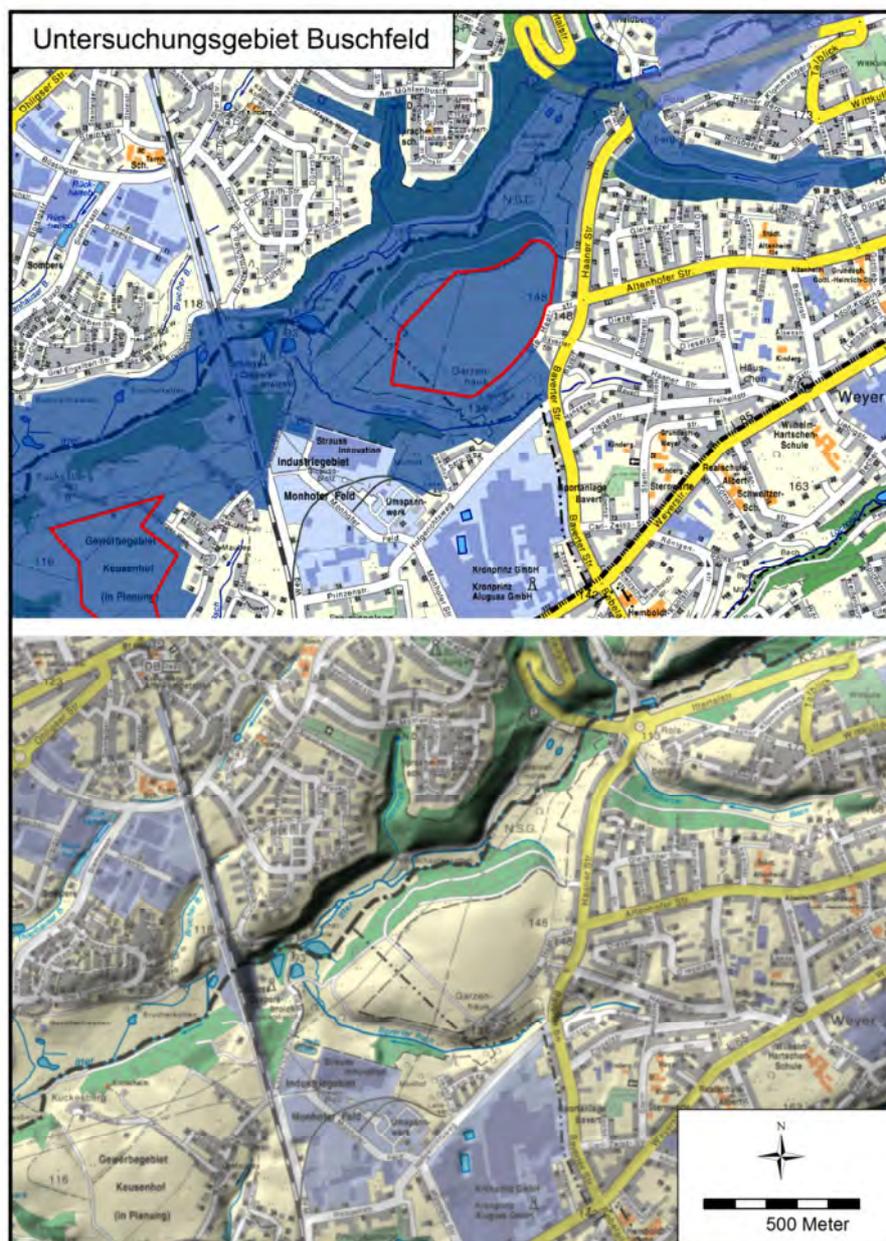


Abb. 5 Untersuchungsgebiet Buschfeld

Keusenhof

Im Stadtbezirk Ohligs-Aufderhöhe-Merscheid, im südlichen Einzugsbereich des Ittertales, befindet das Untersuchungsgebiet Keusenhof (Abb. 6) mit dem geometrische Mittelpunkt $R^{25}69746$ und $H^{56}71307$. Das Areal umfasst eine Fläche von 10,8 ha und liegt eingebettet in eine Freifläche, die im Süden von mehreren Gewerbegebieten (Gewerbegebiet Hilden Ost, Gewerbegebiet Hildener / Hamburger Straße, Gewerbegebiet Heiligenstock und Industriegebiet Monhofer Feld) mit zwischengelagerten Siedlungsgebieten gesäumt ist. Die maximale Höhe liegt bei 123 m ü. NN, der niedrigste Punkt befindet sich auf 103 m ü. NN. Das Gefälle neigt sich vorwiegend in südwestliche Richtung mit einem durchschnittlichen Gefälle von 3,1°. Diese Fläche wird als Ackerland genutzt, geplant ist eine gewerbliche Bebauung des Gebietes.

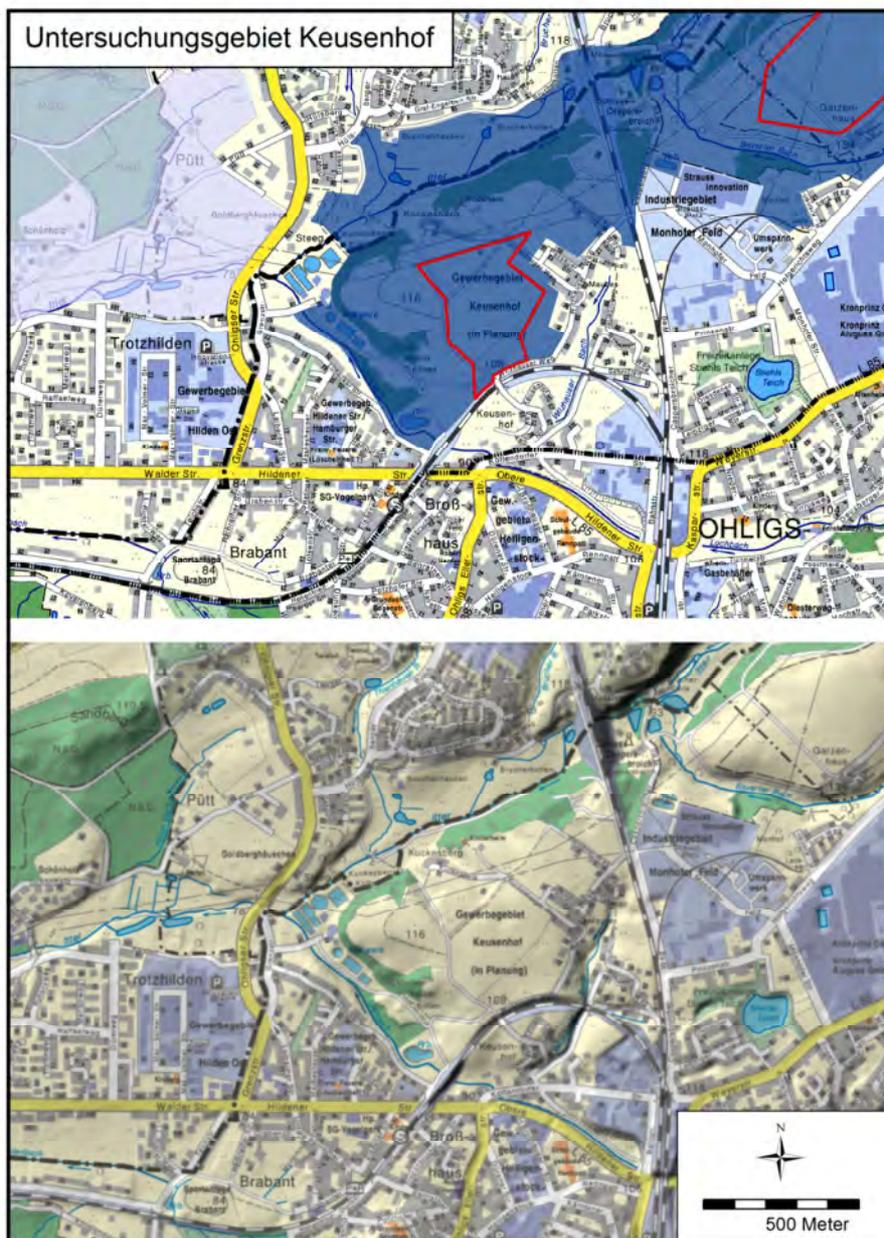


Abb. 6 Untersuchungsgebiet Keusenhof

3.1 Relevanz der Kaltluftproduktion der Untersuchungsgebiete für das Ittertal

Die kaltluftproduzierenden Flächen des Ittertals bestehen aus Wiesen, Äckern und den Waldgebieten (siehe Karte 1) und besitzen während einer sommerlichen Strahlungsnacht (9h Andauer) ein berechnetes Kaltluftpotenzial von 1,16 Mrd. m³ (siehe Tab. 3). Bei einem angenommenen Talvolumen von 795,6 Mio. m³ kann die produzierte Kaltluft somit theoretisch 1,46 Mal pro Nacht das gesamte Tal mit Kaltluft füllen. Daraus ergibt sich, dass das Potenzial des Kaltluftvolumens der Flächen ausreicht, den sommernächtlichen Luftaustausch für das gesamte Ittertal zu gewährleisten. Die übergeordnete Kaltluftströmung folgt dem Verlauf der Talsohle von Nordost ausgehend vom Solinger Höhenrücken in südwestliche Richtung bis hin zum Anfang der Hildener Mittelterasse.

Für die Bewertung der Untersuchungsgebiete werden die Bereiche des nördlichen sowie des südlichen Kaltluftgebietes des Ittertals naturräumlich im Bereich des Kreisverkehrs an der Ittertalsstraße und Haaner Straße getrennt. Die Bebauung in diesem Bereich verhindert eine signifikante Luftzirkulation für den Austausch der Kaltluft in der naturräumlich vorherrschenden Fließrichtung. Somit erhalten die südlich gelegenen Plangebiete wenig Zustrom an Kaltluft aus dem Bereich Ittertals-Nord.

Tab. 3 Mittlere Kaltluftproduktion während einer Strahlungsnacht (9h) im Sommer

Mittlere Kaltluftproduktion während einer Strahlungsnacht (9h) im Sommer			
Gebiet/ Nutzung	Fläche [m ²]	Kaltluftvolumen Mio.[m ³]	Anteil [%]
Gesamtfläche Ittertals	23.769.442	-	100
Bebaute Fläche	15.340.061	-	64,54
Acker/ Wiese	6.621.234	928,2	27,86
Wald	1.808.148	235,2	7,61
Gesamte Kaltluftfläche Ittertals	8.429.382	1163,4	35,46
Relevante Kaltluftproduzierende Fläche			
Relevante Kaltluftproduzierende Fläche	Fläche [m ²]	Kaltluftvolumen Mio.[m ³]	Anteil [%]
Bereich Ittertals Nord	4.097.657	569,5	48,95
Bereich Ittertals Süd	1.830.781	252,2	21,68
Kaltluftflächen außerhalb des Ittertals	2.500.944	341,7	29,37

Einige kaltluftproduzierende Flächen sind aufgrund der Orographie oder durch die Bebauung von der übergeordneten Kaltluftströmung des Ittertals isoliert. Sie gehören nicht zum eigentlichen Ittertals, liegen aber innerhalb der vorgegebenen Abgrenzungen zum Untersuchungsgebiet Ittertals. Diese Kaltluftflächen sind keine Wirkgebiete in Bezug auf die untersuchten

Planflächen. Flächen, welche keinen Beitrag zur Kaltluftproduktion und somit keinen Einfluss auf die Plangebiete im eigentlichen Talraum des Ittertals besitzen, fallen mit einer Größe von 2,5 Mio. m² aus der weiteren Betrachtung heraus (hellblaue Flächen in der Karte 1). Diese Flächen produzieren ca. 341,7 Mio. m³ Kaltluft und somit rund 1/3 des Kaltluftvolumens des gesamten Planungsraums Ittertals.

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich nur noch auf die klimatische Einheit der Kaltluftflächen des Ittertals (ohne die in Karte 1 hellblau markierten Flächen). Die Untersuchung der Kaltluftpotenziale der 4 geplanten Gewerbegebiete erfolgt zunächst in Bezug auf ihren Anteil an der gesamten Kaltluftproduktion des Ittertals bzw. des nördlichen oder des südlichen Teilraums. Die absoluten Kaltluftproduktionen der Teilflächen während einer sommerlichen Strahlungsnacht sowie ihr Anteil an der übergeordneten Kaltluftproduktion des Ittertals sind in der Tabelle 4 zusammengestellt.

Tab. 4 Strahlungsnächtliche Kaltluftproduktion der Planflächen im Sommer

Strahlungsnächtliche Kaltluftproduktion der Planflächen (Sommer)				
Bereich Nord	Fläche [m²]	Kaltluftvolumen Mio.[m³]	Relativ zu Ittertals [%]	Relativ zu Nord [%]
Piepersberg -West Acker/ Wiese	67.580	9,5	0,81	1,66
Fürkeltrath II Acker/ Wiese	86.165	12,1	1,04	2,12
Bereich Süd	Fläche [m²]	Kaltluftvolumen Mio.[m³]	Relativ zu Ittertals [%]	Relativ zu Süd [%]
Buschfeld Acker/ Wiese	162.248	22,7	1,96	9,02
Keusenhof Acker/ Wiese	107.724	15,1	1,30	5,99

Ittertals-Nord

Der Bereich Ittertals-Nord hat mit einer Kapazität von 569 Mio. m³ Kaltluftproduktion einen Anteil von 48,95 % bezogen auf die Kaltluftproduktion des gesamten Ittertals.

Piepersberg-West

Im Plangebiet Piepersberg-West wird ein Kaltluftvolumen von 9,5 Mio. m³ erreicht. Dies entspricht einem Anteil von nur 0,81 % bezogen auf die Kaltluftproduktion des gesamten Ittertals bzw. 1,66 % bezogen auf die Kaltluftproduktion des Teilraums Ittertals-Nord. Die Fläche ist von der übergeordneten Kaltluftströmung teilweise isoliert. Die Hanglage bedingt einen Abfluss der Kaltluft in südöstliche Richtung zur Talsohle. Die Kaltluft wird durch die Barriere des Dammes am Roggenkamp in südwestlicher Richtung am weiteren Abfluss gehindert und sammelt sich dort an. Das Tal ist somit eine Kaltluftsenke.

Eine Bebauung der Planfläche Piepersberg-West hätte aufgrund der geringen Kaltluftabflusshöhe, der Kaltluftfließrichtung sowie der bestehenden Hindernisse für die Kaltluftströme, keine bzw. nur eine geringe Reduktion bezogen auf das gesamte Kaltluftgebiet des Ittertals zur Folge. Die Fläche besitzt kein weiteres Kaltlufteinzugsgebiet, welches durch veränderte Nutzung möglicherweise zusätzlich betroffen wäre.

Fürkeltrath II

Die strahlungs nächtliche Kaltluftproduktion des Planungsgebiet Fürkeltrath II beträgt im Sommer 12,1 Mio. m³. Dies entspricht einem Anteil von 1,04 % bezogen auf die Kaltluftproduktion des gesamten Ittertals bzw. 2,12 % bezogen auf Ittertals-Nord (Tab. 4). Die Planfläche mit einer Hangneigung in südöstliche Richtung ist an das übergeordnete Kaltluftgebiet des Ittertals angeschlossen. Die dort produzierte Kaltluft wirkt somit auf den gesamten Bereich Ittertals-Nord.

In nordwestlicher Richtung besteht ein Anschluss an ein potenzielles Kaltluftentstehungsgebiet mit relativ geringer Flächengröße, welches zwischen der Autobahn A46 und der L357 liegt. Durch eine dichte Bebauung im Plangebiet würde der Kaltluftabfluss dieses Kaltlufteinzugsgebiet zusätzlich von dem übergeordneten Kaltluftwirkgebiet des Ittertals abgetrennt. Allerdings beabsichtigt Haan auch eine bauliche Entwicklung dieser Freifläche. Für das gesamte Kaltluftgebiet Ittertals hätte der Verlust des geringen Kaltluftvolumens der Planfläche und des Kaltlufteinzugsgebietes nur unbedeutende Auswirkungen.

Beide Plangebiete, Piepersberg-West und Fürkeltrath II, erreichen in der Summe 21,6 Mio. m³ Kaltluft pro sommerlicher Strahlungsnacht und sind somit nur zu 1,9 % der Kaltluftproduktion bezogen auf das gesamte Ittertals beteiligt. Für den nördlichen Teil besitzen diese Flächen zusammen ca. 3,8 % des sommerlichen Kaltluftpotenzials. Die Planflächen liegen beiden an den Randbereichen der übergeordneten Kaltluftströmung. Sie zerteilen oder blockieren diese bei Wegfall der Kaltluftproduktion durch Bebauung nicht.

Ittertals-Süd

Im Bereich Ittertals-Süd werden in sommerlichen Strahlungsnächten ca. 252 Mio. m³ Kaltluft produziert (Tab. 3). Damit besitzen diese Flächen einen Anteil von 21,68 % des Kaltluftvolumens in Bezug auf das gesamte Ittertals.

Buschfeld

Die Planfläche Buschfeld hat ein Kaltluftpotenzial von 22,7 Mio. m³ und ist mit 1,96 % an der Kaltluftproduktion bezogen auf das gesamte Ittertals beteiligt, bezogen auf die Kaltluftfläche von Ittertals-Süd sind es sogar rund 9 %. Bisher gibt es auf der zurzeit als Acker genutzten ca. 162 Tsd. m² großen Fläche keine Barrieren, so dass diese als relativ großes Kaltluftproduktionsgebiet ideal wirksam werden kann. Die Fläche hat keine Anbindung an ein weiteres Kaltlufteinzugsgebiet. Bedingt durch die Kuppenlage fließt die Kaltluft der Fläche hangabwärts in alle Himmelsrichtungen mit unterschiedlicher Intensität nach außen zu den Randbereichen ab. Ein großer Anteil der Kaltluftabflüsse strömt nach Norden sowie nach Westen über ein steiles Gefälle in Richtung Itterbach. Die Kaltluft im Süden der Fläche fließt in das Baverter

Bachtal ab und dort entlang der Bachführung weiter in Richtung Itterbach. Diese Kaltluft fließt im dem Talverlauf folgend weiter in südlich gelegene Gebiete.

Ein Wegfall der Fläche des Plangebietes Buschfeld als Kaltluftproduzent reduziert die Ausdehnung des Kaltluftgebietes des südlichen Teilbereiches des Ittertals in der Breite. Die dadurch entstehende Verkleinerung der Kaltluftfläche hat einen Einfluss auf die Gesamtmenge der produzierten Kaltluft und darüber hinaus auch auf die Kaltluftgeschwindigkeit, da weniger Masse zufließt. Auf Höhe der Querung der westlich gelegenen Bahnstrecke über den Itterbach stellt jedoch der Bahndamm eine bis zu 33 m hohe Barriere für die zuströmende Kaltluft dar.

Keusenhof

Die im südlichen Auslauf des zusammenhängenden Kaltluftgebietes des Ittertals gelegene Planfläche Keusenhof hat ein Kaltluftentstehungspotenzial von 15,1 Mio. m³. Damit entspricht die Kaltluftmenge einem Anteil von 1,3 % bezogen auf das gesamte Ittertal und rund 6 % bezogen auf Ittertals-Süd (Tab. 4). Die Fläche besitzt ein Gefälle in südwestliche Richtung. Die potenziellen Wirkgebiete liegen somit in Richtung der Kaltluftsenke des Lochbachs zum südlichen Ende des übergeordneten Kaltluftgebietes des Ittertals. Das geringe Kaltluftvolumen der Fläche und die in Bezug auf das bebaute Stadtgebiet von Solingen entgegengesetzte Strömungsrichtung führen zu einer sehr geringen Relevanz dieser Teilfläche für das Kaltluftpotenzial des Ittertals.

3.2 Relevanz der Kaltluftproduktion der Untersuchungsgebiete für die bebaute Umgebung in Solingen

Insgesamt sind die Hauptrichtungen der Kaltluftströmungen im Ittertal durch südwestliche Richtungen, also dem Talverlauf weitgehend folgend, geprägt. Die Gewerbe- und Wohngebiete von Gräfrath, Wald und Ohligs liegen in Kuppenlage südöstlich oberhalb des Ittertals. Im Ittertal selbst sind nur vereinzelte, aufgelockerte Siedlungsstrukturen vorhanden.

Piepersberg-West

Im Osten des Untersuchungsgebietes liegt der bereits teilweise bebaute Businesspark Piepersberg. Nordwestlich, oberhalb der Planfläche, liegt ein zu Wuppertal-Vohwinkel gehörendes Wohngebiet und im Süden, südlich der L357, liegt die Siedlung Fürkeltrath.

Aufgrund der Fließrichtung besitzt die im Talgrund zwischen Piepersberg-Ost und Piepersberg-West konvergierende Kaltluft (siehe Abb. 7) keinen Einfluss auf das weit oberhalb der Planfläche angrenzende Wohngebiet von Wuppertal-Vohwinkel. Auch der Businesspark befindet sich bedingt durch die Orographie außerhalb der Kaltluftwirkgebiete.

Um die Siedlung Fürkeltrath zu erreichen, muss die talabwärts fließende Kaltluft die Hindernisse des Straßendamms der L357n mit Bewuchs und z. T. mit Lärmschutzwand überwinden. Dazu ist eine ausreichend große Mächtigkeit der Kaltluftschicht erforderlich. Diese würde in Folge der Bebauung der Planfläche Piepersberg-West verringert werden. Möglicher-

weise werden die Hindernisse schon im Ist-Zustand nicht in jeder Strahlungsnacht überwunden. Dies wurde im Rahmen dieser Untersuchung durch Klimamessungen vor Ort überprüft. Aufgrund der geringen Kaltluftabflusshöhe bei Wegfall der Freiflächen von Piepersberg-West werden die Hindernisse beim Überwinden des Roggenkamp (L357) zukünftig eine Rolle spielen.

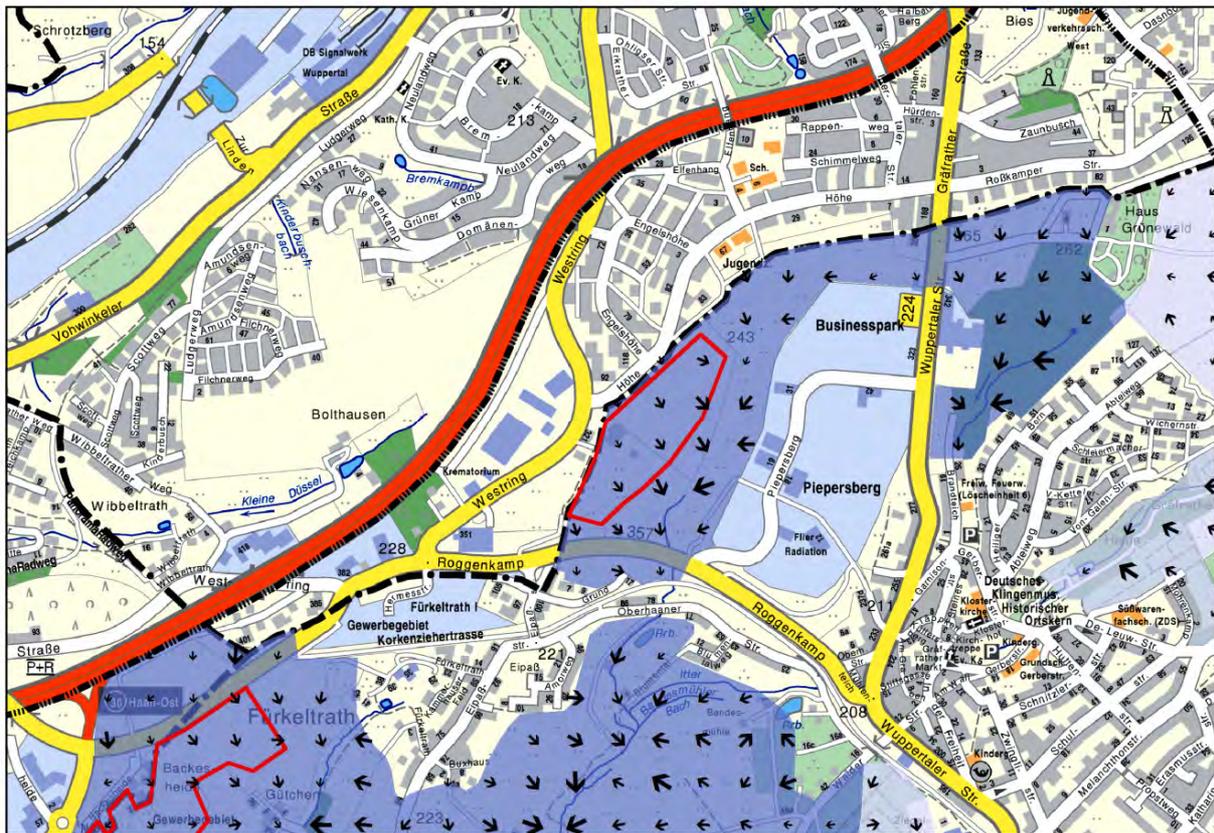


Abb. 7 Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet Piepersberg-West

Allerdings ist das Wirkgebiet der aus dem Bereich Piepersberg abfließenden Kaltluft kein Lastraum mit einer zu erwartenden Überwärmung selbst unter den Annahmen des Klimawandels. Fürkeltrath ist eine kleine Siedlungsfläche mit einer sehr lockeren Bebauungsstruktur und von allen Seiten außer im Nordwesten, wo die Siedlung an das Gewerbegebiet Fürkeltrath I grenzt, von allen Seiten von Freiland umgeben. Ein Zufluss von weiterer Kaltluft ist hier nicht notwendig.

Fürkeltrath II

Im Westen der potenziellen Gewerbefläche von Fürkeltrath II liegt der Industriepark Haan-Ost, südlich und östlich, umgeben von Acker- und Grünflächen, liegen die Kleinsiedlungen Holz und Gütchen.

Die Richtung des Abflusses der auf der Fläche von Fürkeltrath II produzierten Kaltluft (Abb. 8) führt vom Industriepark Haan-Ost weg in südöstliche Richtung und hat somit keine Rele-

vanz für dieses Gewerbegebiet. Die abfließende Kaltluft wirkt auf die Kleinsiedlungen Holz und Gütchen ein, die aber keine Erwärmungsprobleme aufweisen und zudem schon im Einflussbereich der Kaltluftströmung im Holzer Bachtal liegen. Bei einer Bebauung der Fläche und dem damit verbundenen Wegfall des Kaltluftpotenzials sind die Auswirkungen auf die bebaute Umgebung als kaum relevant zu bewerten.

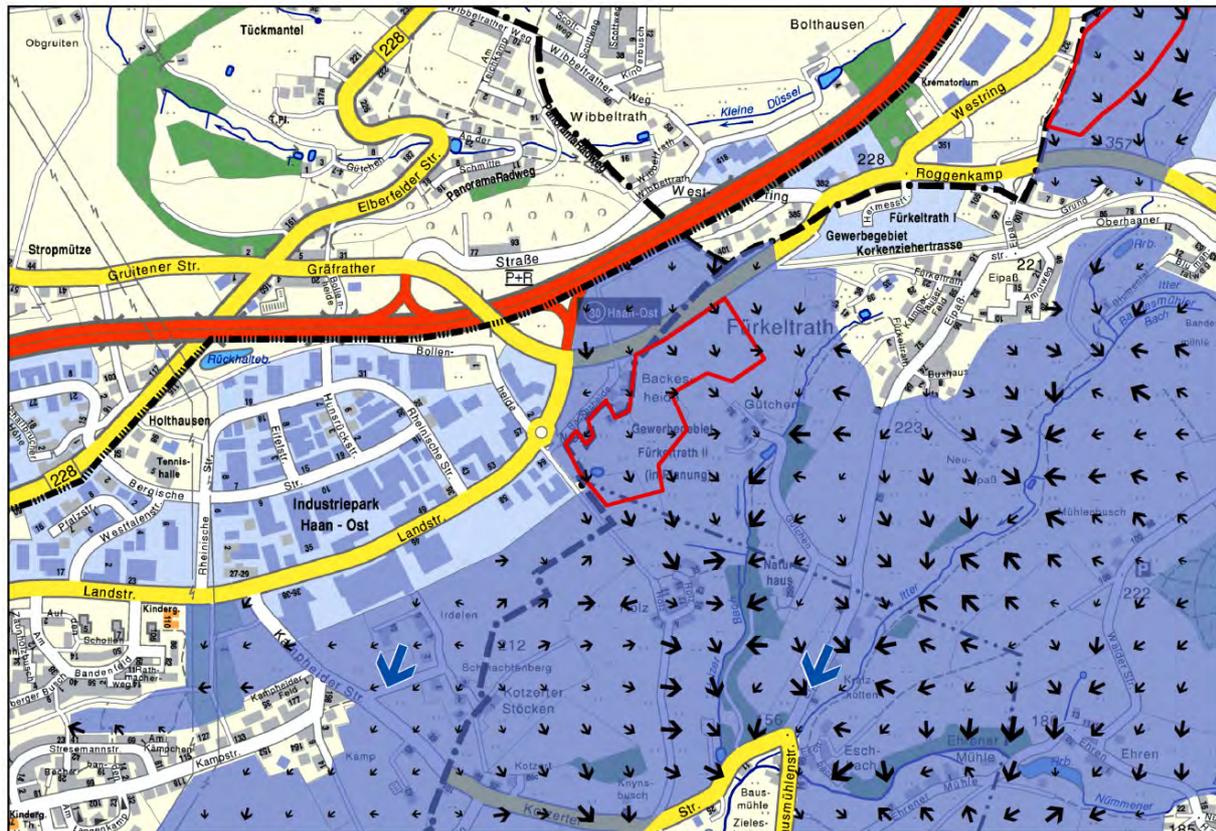


Abb. 8 Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet FÜRkeltrath

Buschfeld

Im Süden der potenziellen Gewerbefläche Buschfeld befindet sich das Industriegebiet Monhofer Feld sowie das Betriebsgelände der Kronprinz Aluguss GmbH. Im Osten grenzt das Untersuchungsgebiet an die Blockbebauung der Baverter Straße. Westlich und nördlich fällt das Gelände steil zum Einschnitt des Ittertals ab.

Bedingt durch die Kuppenlage fließt die Kaltluft der Fläche hangabwärts mit unterschiedlicher Intensität aufgrund der unterschiedlich steilen Hänge in alle Himmelsrichtungen ab (Abb. 9). Somit kann der Teil der Fläche, der ein leichtes Gefälle nach Osten aufweist, für die Kühlung im Siedlungsbereich zwischen der Haaner Str. und Altenhofer Str. wirksam werden. Ein Teil der Fläche des Plangebietes Buschfeld ist somit als Kaltluftproduktionsfläche aufgrund der Größe und der Lage im Gelände für die angrenzenden Siedlungsbereiche wirksam. Durch eine Bebauung auf diesem Teilbereich der Planfläche würde auch der Anteil an

Kaltluftvolumen entfallen, der einen geringen Beitrag zur Kühlung des Wohngebietes leisten kann.

Die weitaus größere Menge an Kaltluft fließt nach Norden, Westen und Süden in die Täler der Itter und des Baverter Bachs ab. Die im weiteren Verlauf des Ittertals akkumulierte Kaltluft wird auf Höhe der Kreuzung der westlich gelegene Bahnstrecke und des Itterbachs durch den Bahndamm weitgehend aufgehalten. Durch diese Barriere wird bereits im Ist-Zustand der Kaltluftstrom blockiert, so dass durch den Wegfall des Kaltluftvolumens der Planfläche Buschfeld bei einer Bebauung keine oder nur eine geringe Veränderung auf den Flächen westlich der Bahntrasse zu erwarten ist.

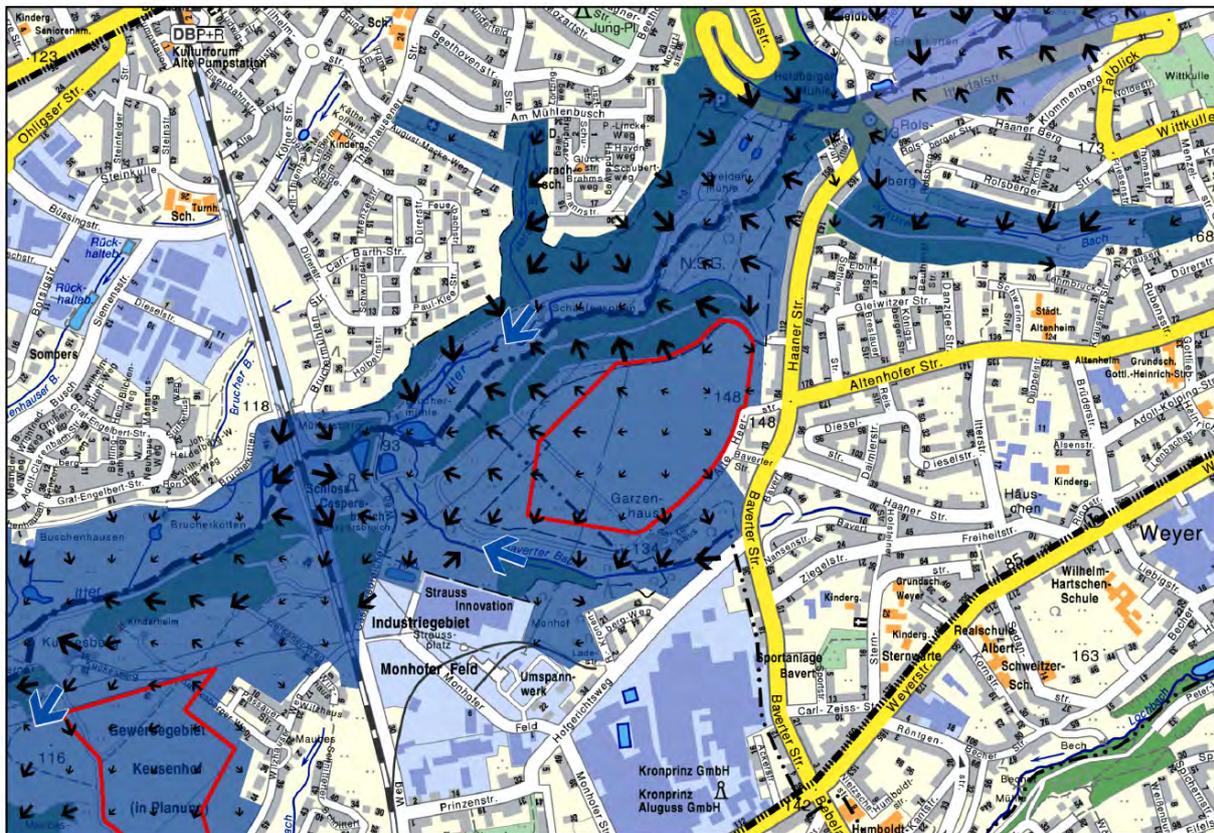


Abb. 9 Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet Buschfeld

Keusenhof

Das Areal des potenziellen Gewerbestandortes Keusenhof liegt eingebettet in eine Freifläche, die im Süden von mehreren Gewerbegebieten (Gewerbegebiet Hildener/Hamburger Straße, Gewerbegebiet Heiligenstock und Industriegebiet Monhofer Feld) mit zwischengelagerten Siedlungsgebieten gesäumt ist. Nördlich fällt das Gelände ab ins Ittertal, westlich in das Tal des Lochbachs.

Der potentielle Kaltluftabfluss auf der Planfläche Keusenhof (siehe Abb. 10) wird in südwestlicher Richtung aufgrund des Einschnitts des Lochbachtals nach Nordwesten abgelenkt und

hat damit keinen Einfluss auf Flächen der Gewerbegebiete Hilden Ost und Hildener/ Hamburger Straße. Das Gewerbegebiet Monhofer Feld und die vorgelagerten Siedlungsgebiete liegen entgegengesetzt der Kaltluftfließrichtung außerhalb des Einflussbereiches und werden somit nicht angeströmt. Die jenseits der an die Planfläche südlich angrenzenden Bahnlinie gelegenen Siedlungsgebiete von Ohligs sowie das Gewerbegebiet Heiligenstock liegen aufgrund der Orographie außerhalb des Kaltluftgebietes und werden durch die Kaltluftproduktion nicht tangiert. Nicht nur aufgrund des geringen Kaltluftvolumens sondern ursächlich durch die übergeordnete Fließrichtung der Kaltluftströmung und der Randlage am südlichen Ende des zusammenhängenden Kaltluftgebietes des Ittertals ist ein Einfluss auf die Siedlungsgebiete im und um das Ittertal kaum vorhanden.

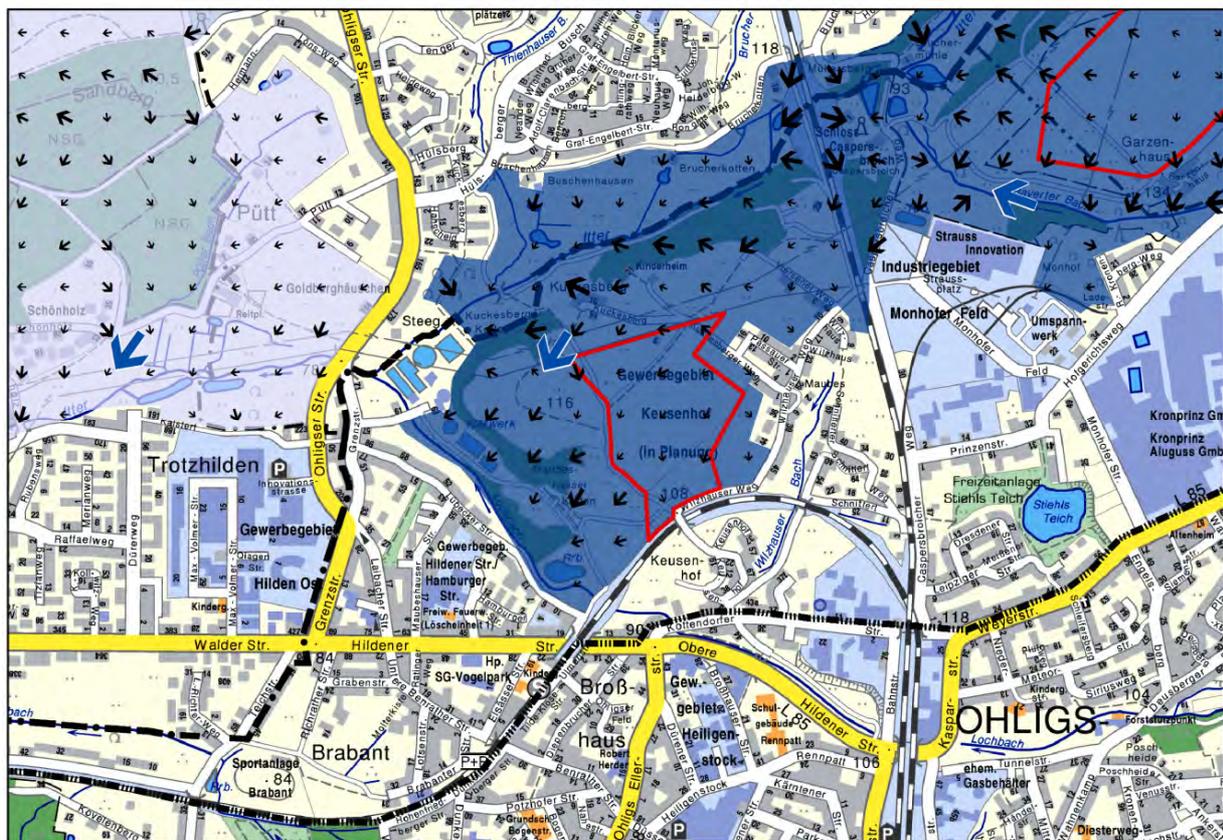


Abb. 10 Kaltluftdynamik im Untersuchungsgebiet Keusenhof

4. Detailuntersuchungen der 4 potenziellen Gewerbstandorte durch geländeklimatische Messungen

Für die 4 geplanten Gewerbeflächen werden genauere Untersuchungen zur strahlungsächtlichen Kaltluftdynamik durchgeführt. Zwei Klimamessaktionen vor Ort während austauscharmer sommerlicher Strahlungsächte werden durchgeführt, um die nächtliche Abkühlung sowie Kaltluftverlagerungen in den Plangebieten zu erfassen und zu bewerten. Mobile und stationäre Temperatur-, Oberflächentemperatur- und Windmessungen werden ergänzt durch den Einsatz einer Thermalkamera und einer Nebelmaschine zur Sichtbarmachung der Kaltluftdynamik während einer Strahlungsnacht.

4.1 Piepersberg-West und Fürkeltrath II

Die Planflächen Piepersberg-West und Fürkeltrath II befinden sich in der nördlichen Hauptfläche der kaltluftbildenden Gebiete des Ittertals. Abbildung 11 zeigt das Untersuchungsgebiet Piepersberg-West mit Blick in Richtung Nordwesten. Die Planfläche befindet sich auf der ostexponierten Hangfläche. Deutlich erkennbar ist im Vordergrund der Taleinschnitt des Pißbachs sowie die Nutzung der Flächen als Acker- und Grünland. Im Hintergrund sieht man die Bebauung eines Wohngebietes von Wuppertal-Vohwinkel.



Abb. 11 Untersuchungsgebiet Piepersberg-West (Foto: Denis Ahlemann)

Das Foto der Untersuchungsfläche Fürkeltrath II (Abb. 12) mit Blick in südliche Richtung zeigt die komplexere orographische Strukturierung des Gebietes. Es ist erkennbar, dass sich

in Blickrichtung, die gleichzeitig die Hauptgefällrichtung ist, keine relevanten Siedlungsstrukturen befinden.



Abb. 12 Untersuchungsgebiet Fürkeltrath II (Foto: Denis Ahlemann)

Witterungsbedingungen am 03.09.2014

Das Wetter in der Nordhälfte Deutschland wurde von dem über dem östlichen Nordeuropa liegenden Hochdruckgebiet GÖRGE bestimmt. Es brachte reichlich Sonnenschein, die Lufttemperatur stieg verbreitet auf 20 bis 22°C und entsprach damit den für Anfang September üblichen Höchstwerten. Der übergeordnete Wind kam vorherrschend aus östlichen Richtungen.

(Berliner Wetterkarte 2014)

Während der Messkampagne am 03.09.2014 wurden stationäre Messungen auf der Fläche Fürkeltrath II mit mobilen Messungen in die Umgebung der beiden potenziellen Gewerbestandorte hinein kombiniert. Die Standorte der stationären Messpunkte und die Route der Messfahrt sind in der Abbildung 13 dargestellt.

An einem 10 m hohen Messmast wurden von 18:38 bis 22:00 Uhr MEZ (= 19:38 bis 23:00 Uhr Sommerzeit) Temperaturen und Wind in verschiedenen Höhen erfasst. Ergänzt wurden diese stationären Messungen durch Temperatur- und Windmessungen in Bodennähe mit einem Ultraschall-Anemometer an 2 verschiedenen Standorten auf der Fläche Fürkeltrath II (siehe Abb. 13). Zusätzlich wurden zur Erfassung der Lufttemperaturen in der weiteren Umgebung 2 Messfahrten auf der in Abbildung 13 eingezeichneten Messroute durchgeführt.

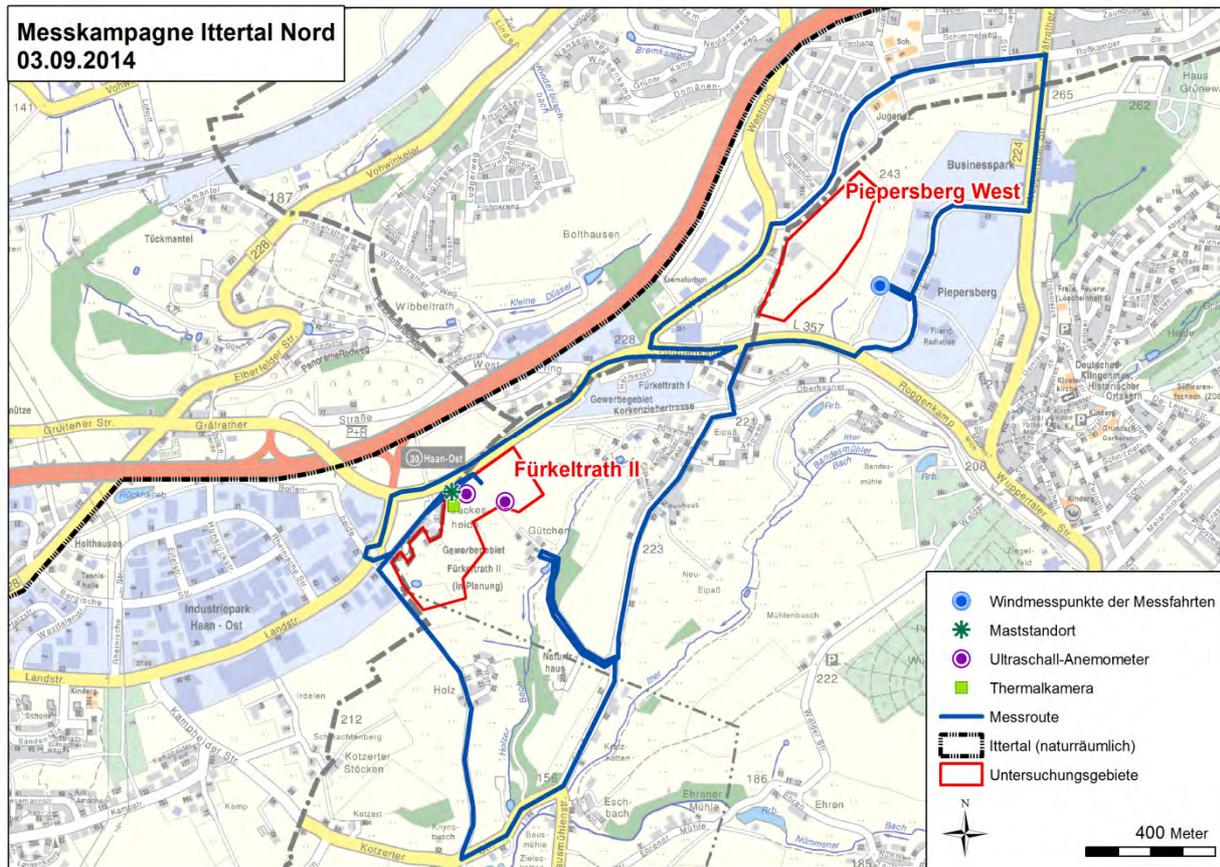


Abb. 13 Standorte der stationären Messpunkte und Route der Messfahrt während der Messkampagne Ittertal Nord am 03.09.2014

4.1.1 Ergebnisse der Messkampagne am 03.09.2014

Stationäre Messungen

Die Temperaturen am Messmast liegen bei Messbeginn um 18:38 Uhr MEZ leicht über 19°C ($T-2\text{ m}$ und $T-5\text{ m}$: $19,1^{\circ}\text{C}$, $T-10\text{ m}$: $19,2^{\circ}\text{C}$). Bis 19:10 Uhr MEZ fallen die Temperaturen auf 2 m Messhöhe auf $18,2^{\circ}\text{C}$ ab, die Temperaturen auf 5 m und 10 m Höhe folgen diesem Trend mit leicht höheren Werten. Bis 19:40 Uhr MEZ stagniert die Temperaturabnahme, zu dieser Zeit werden auf 2 m Höhe Werte von $18,1^{\circ}\text{C}$ erreicht, die Werte in 5 m und 10 m Höhe liegen jeweils $0,1\text{ K}$ (Kelvin *) höher. Zu diesem Zeitpunkt liegt noch keine Bodeninversion mit niedrigeren Temperaturen in Bodennähe vor.

Die Windgeschwindigkeit in den Messhöhen 2 m und 10 m schwankt um 2 m/s, die Windrichtung schwankt zwischen Nordnordost und Ostnordost. Die Bedingungen für den Nachweis von Kaltluftbildung und Abflussrichtung sind im Grunde gegeben, allerdings ist die Windgeschwindigkeit für einen störungsfreien Nachweis noch etwas zu hoch.

* Temperaturunterschiede werden in Kelvin angegeben, 1 Kelvin entspricht dabei dem Unterschied von einem Grad Celsius

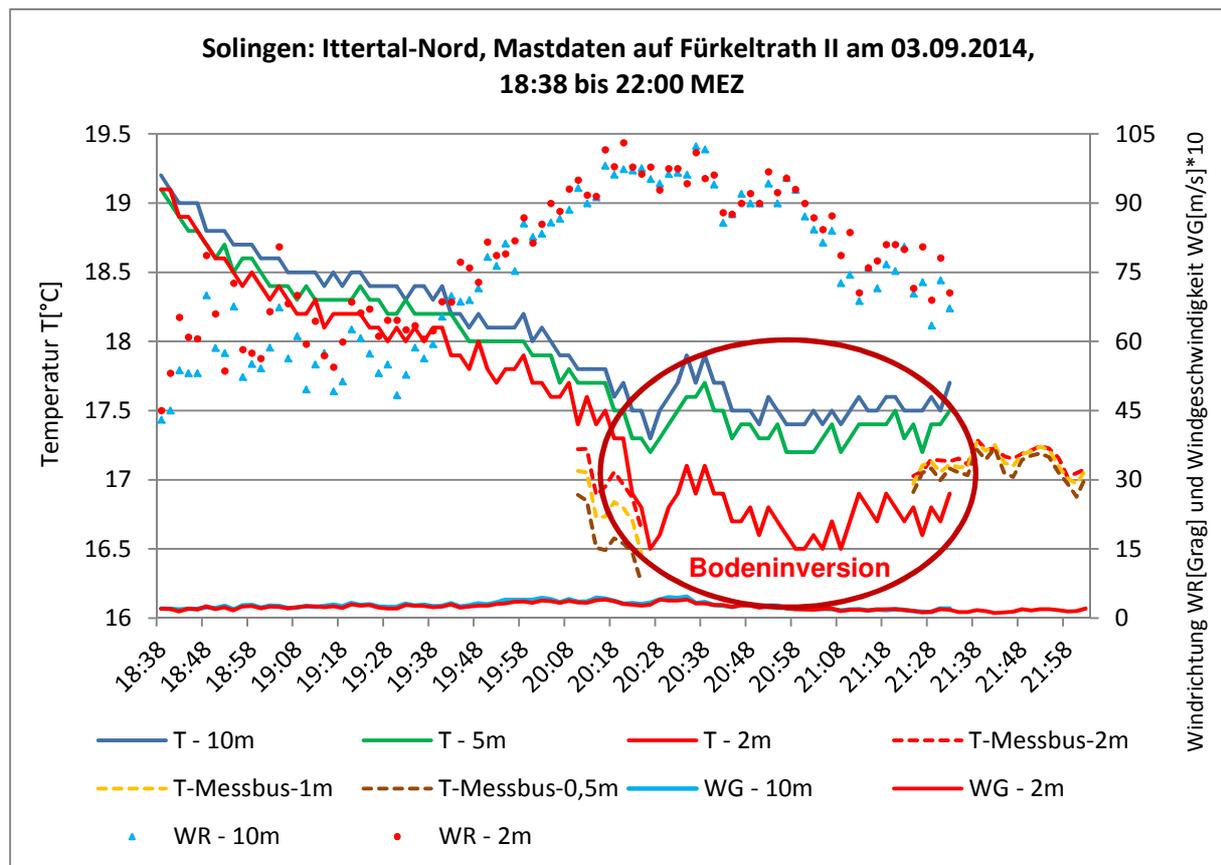


Abb. 14 Messdaten am 10-m-Mast auf Fürkeltrath II am 03.09.2014

Nach Sonnenuntergang, ab 19:40 bis 20:14 Uhr MEZ dreht die Windrichtung allmählich auf Ost, die Variation der Strömungsrichtung nimmt deutlich ab. Mit der Änderung der Windrichtung setzt eine erneute Temperaturabnahme auf 17,4° C in 2 m Höhe um 20:14 Uhr MEZ ein, diese verläuft auf allen drei Messhöhen ähnlich. Ab 20:16 Uhr MEZ nehmen die Temperaturen auf den drei Messhöhen deutlich ab, besonders stark allerdings in 2 m Höhe über Grund. Der niedrigste Messwert wird auf diesem Niveau um 20:26 Uhr MEZ mit 16,5° C erreicht. Ab diesem Zeitpunkt liegt bis zum Messende der Mastdaten um 21:32 Uhr MEZ eine deutliche Bodeninversion zwischen 2 m und 5 m Höhe über Grund vor. Die Mächtigkeit der über der Freifläche gebildeten Kaltluft liegt zwischen 2 m und 5 m.

Mit aufziehender Bewölkung ab ca. 20:30 Uhr MEZ stagniert die allgemeine Temperaturabnahme auf Grund der mangelnden Ausstrahlung, ab 20:52 Uhr MEZ ist jedoch noch einmal Kaltluftbildung mit einer Abkühlung auf erneut 16,5° C zu beobachten. Mit der Bewölkung nimmt auch die Variation der Windrichtung wieder zu, allgemein dreht sie bis zum Messende auf Richtungen aus Ostnordost.

Der Kaltluftbildung um 20:16 Uhr MEZ ist ebenfalls mit den Temperaturmessungen des Messbusses nachweisbar. Dieser misst auf den Höhen 0,5 m, 1 m und 2 m über Grund. Die bis 22:00 Uhr MEZ fortgesetzte Messreihe des Busses weist ebenfalls eine Bodeninversion auf, das insgesamt höhere Temperaturniveau ist darauf zurückzuführen, dass diese Messungen über Schotter stattfanden, die Mastwerte wurden über Wiese erhoben.

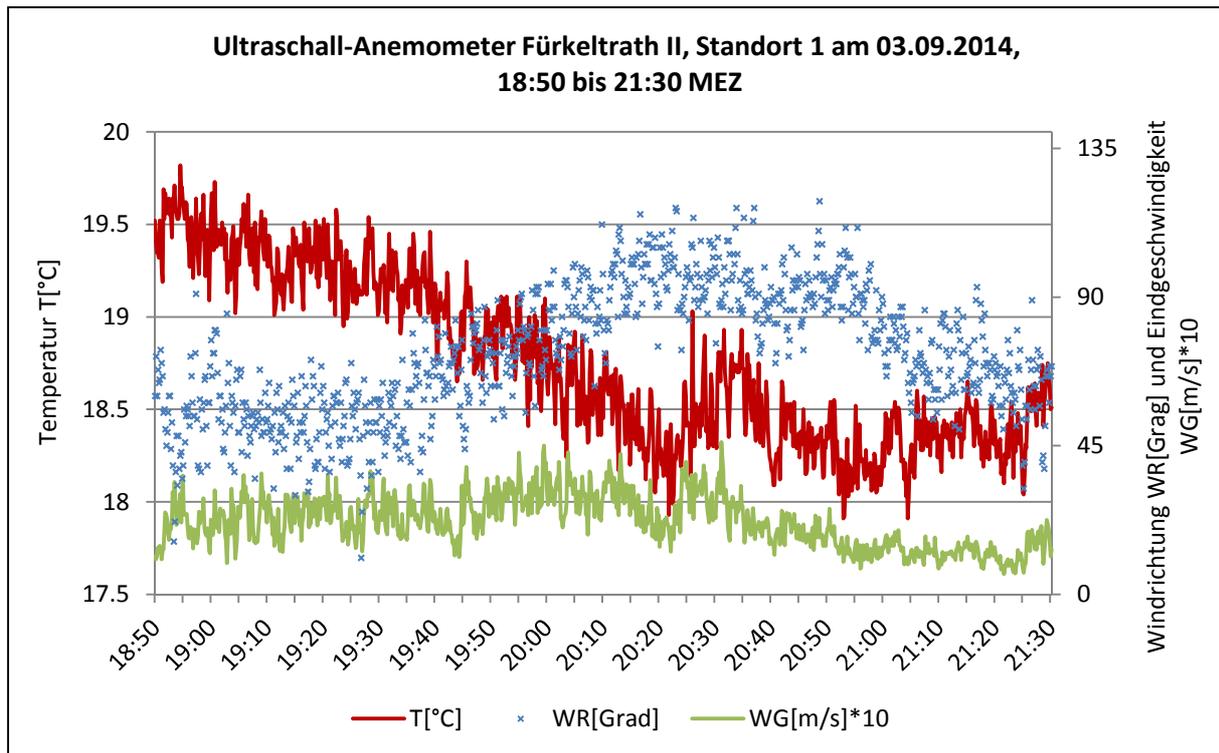


Abb. 15 Messdaten am Ultraschall-Anemometer auf Fürkeltrath II, Standort 1 am 03.09.2014

Die Messungen mit dem Ultraschall-Anemometer am Standort 1 (siehe Abb. 13) in Nähe zum Messmast folgen in den gemessenen Parametern (T [$^{\circ}\text{C}$] = Lufttemperatur, WR [Grad] = Windrichtung, WG [m/s]*10 = Windgeschwindigkeit x 10) recht genau den Messwerten des Mastes. Die Messungen erfolgten hier auf 1 m Höhe über Grund (Abb. 15).

Ein zweites Ultraschall-Anemometer wurde auf derselben Ackerfläche in südöstlicher Richtung aufgebaut. Die Messhöhe beträgt ebenfalls 1 m über Grund. Der Messzeitraum beginnt um 19:34 Uhr MEZ und endet um 20:40 Uhr MEZ. Die Messwerte der Windrichtung sowie -geschwindigkeit entsprechen den Daten des Mastes im selben Zeitraum. Der Temperaturverlauf entspricht in seiner relativen Ausprägung ebenfalls diesen Messwerten (Abb. 16).

Grundsätzlich ist der Nachweis der Kaltluftbildung, auch bei nicht optimalen autochthonen (= durch lokale Parameter geprägte) Wetterbedingungen anhand der Temperaturmessungen nachvollziehbar. Die einsetzende Bewölkung ab 20:30 Uhr MEZ verhindert die Ausbildung weiterer deutlich erkennbarer Kaltluftpakete. Die übergeordnete Windströmung mit Windgeschwindigkeiten um 2 m/s verhindert ein gravitatives Abfließen von Kaltlufttropfen in Richtung der Geländeneigung.

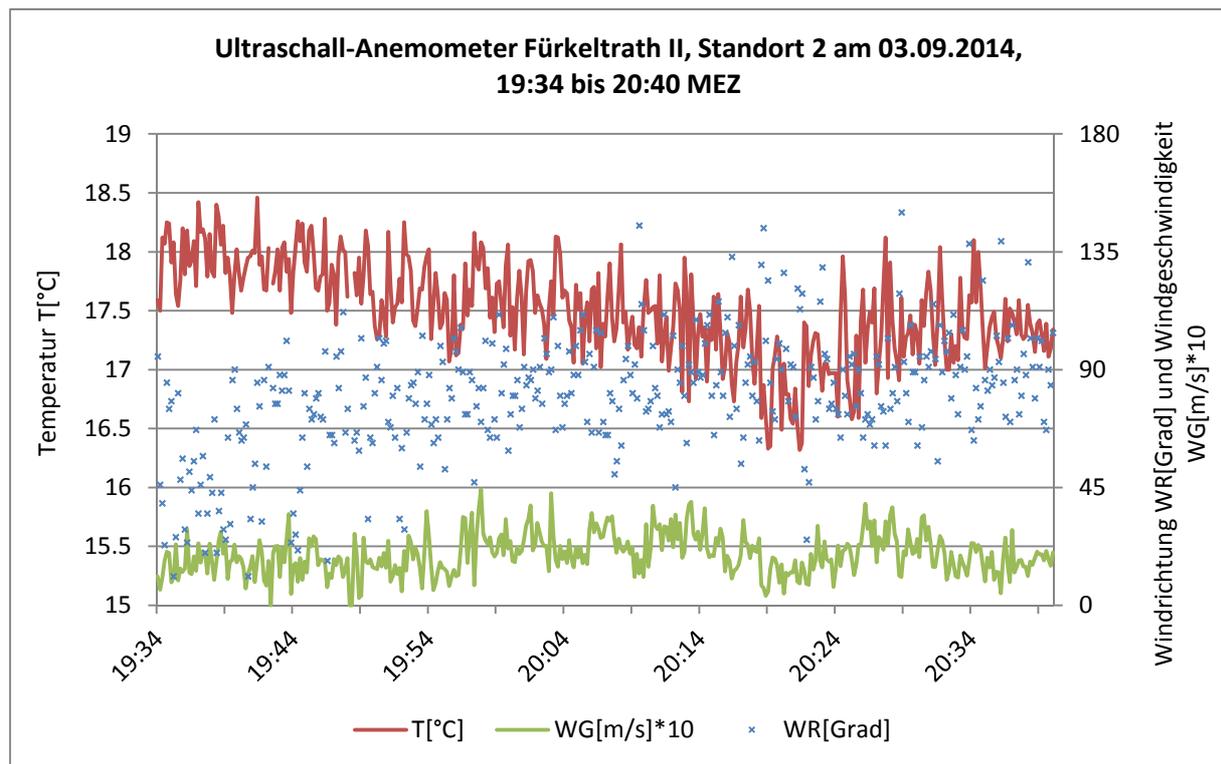


Abb. 16 Messdaten am Ultraschall-Anemometer auf Fürkeltrath II, Standort 2 am 03.09.2014

Mobile Messungen – Messfahrten in die Umgebung der Untersuchungsgebiete Piepersberg-West und Fürkeltrath II

Zusätzlich zu den stationären Messungen am Standort Fürkeltrath II wurden während der Messkampagne am 03.09.2014 zwei Messfahrten auf gleicher Route zu unterschiedlichen Zeiten im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Die Messroute ist in der Abbildung 13 dargestellt. Die Route wurde jeweils mit einem Tempo von ca. 25 km/h befahren. Die Lufttemperaturen wurden in 2 m, 1 m und 0,5 m über Grund erfasst. Zusätzlich wurde an einem Standort zwischen Piepersberg-Ost und Piepersberg-West die Windrichtung und –geschwindigkeit in 8 m Höhe über Grund im Stand gemessen. Zur Erfassung der thermischen Situation zu Beginn der abendlichen Ausstrahlung fand die erste Messfahrt von 19:00 bis 20:00 Uhr MEZ statt. Die Situation zu Beginn der Nacht erfasste eine Messfahrt von 20:30 bis 21:30 Uhr MEZ.

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen in 2 m Höhe über Grund der beiden Messfahrten sind in den Abbildungen 17 und 18 dargestellt. Während der Abend- und der Nachtmessfahrt schwankten die Temperaturen im Untersuchungsgebiet um Piepersberg-West und Fürkeltrath II zwischen 15 °C und 18 °C. Zum besseren Vergleich der Messwerte einer jeden Messfahrt wurden die Lufttemperaturen in 2 m Höhe über Grund mit Hilfe der Werte der stationären Messungen zeitkorrigiert, so dass sich die Messwerte der Abendmessfahrt auf 20:00 Uhr MEZ und die der Nachtmessfahrt auf 21:00 Uhr MEZ beziehen.

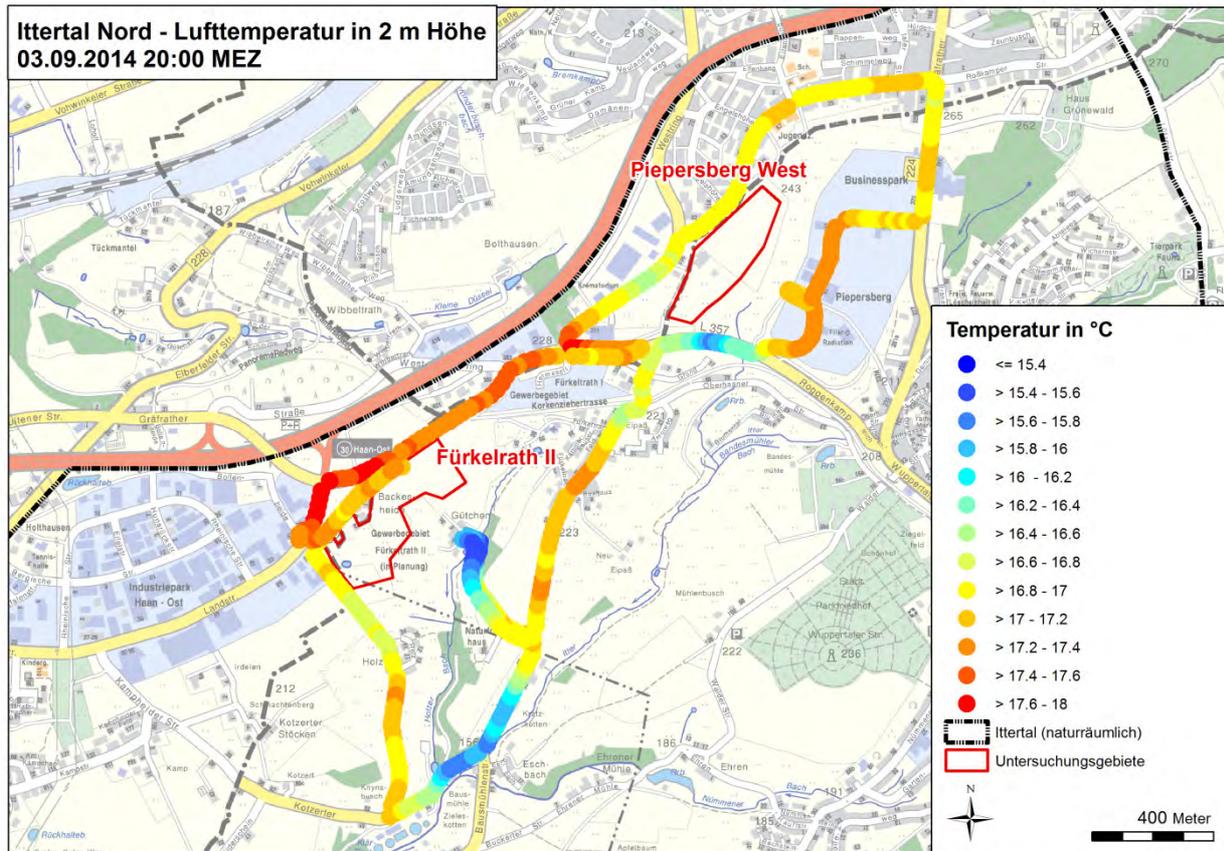


Abb. 17 Lufttemperaturen (2 m) der Messfahrt in Ittetal Nord um 20:00 Uhr MEZ am 03.09.2014

Zu Beginn des Abends um 20 Uhr MEZ zeigt das Untersuchungsgebiet eine deutliche Zweiteilung bezüglich der Lufttemperaturen. Bebaute Bereich sowie Kuppenlagen weisen die höchsten Temperaturen auf und die direkt in den Taleinschnitten liegenden Streckenabschnitte sind erheblich, um bis zu 3 Kelvin kälter. Deutlich wird die Überwärmung in der Umgebung der bestehenden Gewerbegebiete „Piepersberg-Ost“, Fürkelrath I sowie des „Industrieparks Haan Ost“. Von den Kuppen- und oberen Hanglagen, zu denen auch das Untersuchungsgebiet Fürkelrath II gehört, fließt die zu dieser Zeit nur bodennah gebildete Kaltluft Richtung Talsohle ab. Hier sammelt sich die Kaltluft und führt zur Absenkung der Lufttemperaturen.

Im Verlauf des Abends stieg die Kaltluftproduktion auf den Freiflächen durch länger anhaltende Ausstrahlungsperioden an. Während der Industriepark Haan-Ost immer noch mit hohen Lufttemperaturen in die direkte Umgebung hineinwirkte, sanken die Lufttemperaturen auf der Untersuchungsfläche Fürkelrath II stark ab (Abb. 18). Hier zeigt sich die Fähigkeit der Fläche zur Kaltluftproduktion selbst unter nicht optimalen Austauschbedingungen. Ziel der auf Fürkelrath II gebildeten Kaltluft ist das Holzer Bachtal und im weiteren Verlauf talabwärts das Ittetal.

Der Taleinschnitt des Pißbachs zwischen dem existierenden Gewerbegebiet Piepersberg-Ost und der Untersuchungsfläche Piepersberg-West ist deutlich geringer mit Kaltluft gefüllt

und wirkt kaum in die Umgebung hinein. Während der ersten Messfahrt war am Messpunkt zwischen diesen Bereichen kein Kaltluftfluss oberhalb der Talsohle erkennbar. Der Wind wehte aus Südost über dieses Gebiet hinweg. Während der späteren Messfahrt um 21:00 Uhr MEZ erreichte die Kaltluftmächtigkeit die Talhänge und es wurde eine langsame Strömung mit 0,4 m/s aus NNW registriert. Auf der die Bereiche Piepersberg-West und –Ost südlich begrenzenden Straße staute sich die Kaltluft zunächst (Abb. 17), da dichter Baumbestand, Straßendamm und Lärmschutzwände als Hindernisse die Strömung aufhielten. Im Verlauf der Nacht, bei ausreichender Kaltluftmächtigkeit, scheinen diese Hindernisse überwunden zu werden, da die Lufttemperaturen im Straßenbereich keine so deutliche Senke mehr aufweisen und die sich in Talrichtung südlich anschließenden Gebiete deutlich kühler geworden sind (Abb. 18).

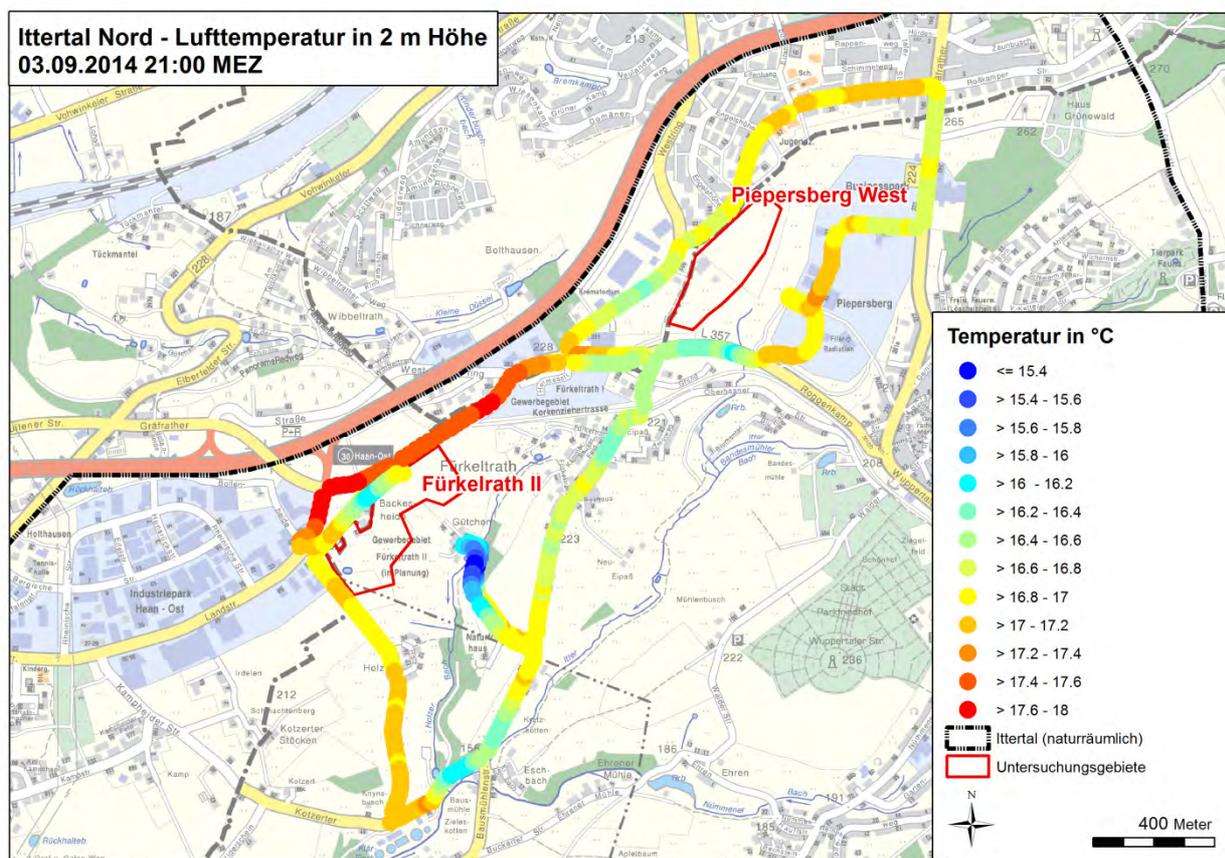


Abb. 18 Lufttemperaturen (2 m) der Messfahrt in Ittertal Nord um 21:00 Uhr MEZ am 03.09.2014

In der Abbildung 19 lassen sich durch den Vergleich der Lufttemperaturen in den drei Messhöhen von 2 m, 1 m und 0,5 m über dem Boden während der nächtlichen Messfahrt zwischen 20:30 und 21:30 Uhr MEZ mehrere Bereiche mit einer bodennahen Inversion als Hinweis auf Kaltluftvorkommen erkennen. Sehr deutlich ausgeprägt waren die Bodeninversionen im Bereich des Holzer Bachtals (Marke 7 der x-Achse in der Abb. 19)). Hier lag die Kaltluftmächtigkeit bei über 2 m (eine für den Beginn der Nacht große Mächtigkeit), zu erkennen daran, dass alle drei Messhöhen starke Temperaturabsenkungen zeigen. Entlang der Talhänge schwankt die Kaltluftmächtigkeit zwischen 1 und 2 m, hier liegen die in 50 cm und 1 m

Höhe gemessenen Lufttemperaturen niedriger als die in 2 m Höhe. Die Gewerbegebiete und Bereiche mit Wohnbebauung zeigen keine Bodeninversionen da die Lufttemperaturen in Bodennähe leicht höher sind als die in 2 m Höhe.

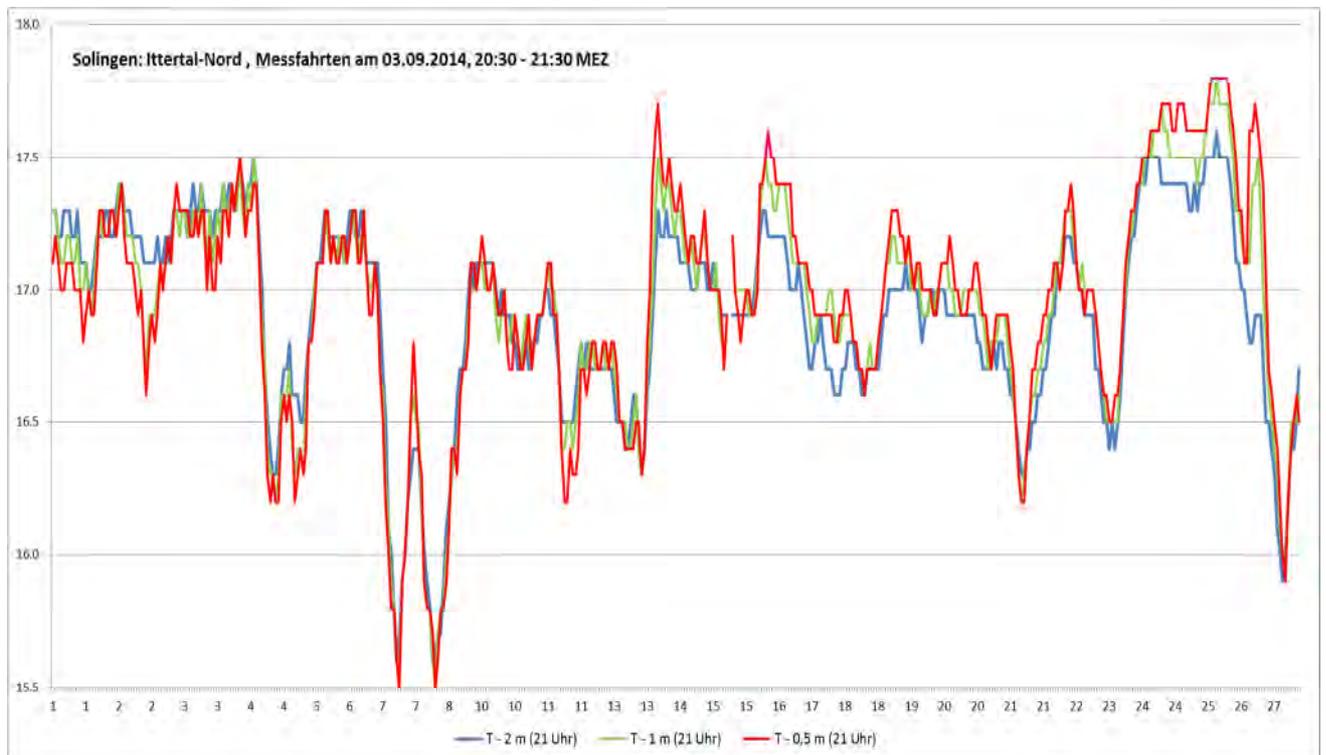


Abb. 19 Lufttemperaturen der Messfahrt von 20:30 bis 21:30 Uhr MEZ in Ittertal Nord am 03.09.2014

Unterstützende Messungen mittels Thermographie

Die Infrarot-Thermographie erfasst für Körper mit Temperaturen über 0 Kelvin (= -273,15 °C) die von ihnen abgegebene elektromagnetische Strahlung. Über die Erfassung dieser von einem Objekt ausgesandten Strahlung wird seine Temperatur berührungslos bestimmt. Mit dem verwendeten mobilen Echtzeit-Thermographiesystem VarioCAM ist es möglich, die Oberflächentemperaturen einer Szene flächenhaft über einen längeren Zeitraum zu erfassen. Die VarioCAM misst im langwelligigen Infrarotspektrum im Bereich von 7,5 bis 14 μm und arbeitet damit im Bereich des Fernen Infrarot.

In den Ergebnis-Dateien sind alle Informationen für jedes Flächenpixel, die Umgebungstemperatur und die Kameraparameter hinterlegt. Die aufgenommenen Thermobildserien können mit der Infrarot-Thermographiesoftware ausgewertet werden. Damit ist es möglich, Messgeometrien festzulegen und aus diesen Messwerten Zeitreihen der Oberflächentemperaturen abzubilden.

Die Messung der Veränderung der Oberflächentemperaturen stellt neben den nächtlichen Strahlungsverhältnissen (langwellige Ausstrahlung) auch die temporäre Beeinflussung der Abkühlung durch Kaltluftabflüsse dar. Hierüber werden die Kaltluftströme indirekt sichtbar

und in ihrer Dynamik als Film darstellbar. Dafür wurden mit einem Aufnahmeintervall von 10 Sekunden nach Einbruch der Dämmerung über mehrere Stunden Thermalbilder erstellt. Für die Erstellung von Zeitreihen wurden jeweils fünf Messgeometrien (C1 bis C5) in den Thermalaufnahmen angelegt und für diese Messpunkte die Mittelwerte der Oberflächentemperaturen gebildet. Der Temperaturverlauf unterschiedlicher Oberflächen kann gemeinsam dargestellt werden, wobei das abweichende Abkühlungsverhalten von ungleichen Flächen deutlich wird.

Für den Messaufbau auf der Planfläche Fürkeltrath II wurde die Thermalbildkamera mit dem Sehfeld in südöstliche Richtung auf der Ackerfläche vor dem Waldstück positioniert. Auf der abgeernteten Ackerfläche wurde anhand der Veränderung der Oberflächentemperaturen während der Nacht untersucht, in wieweit eine hangabwärts gerichtete Kaltluftströmung entsteht und welche Auswirkungen diese hat.

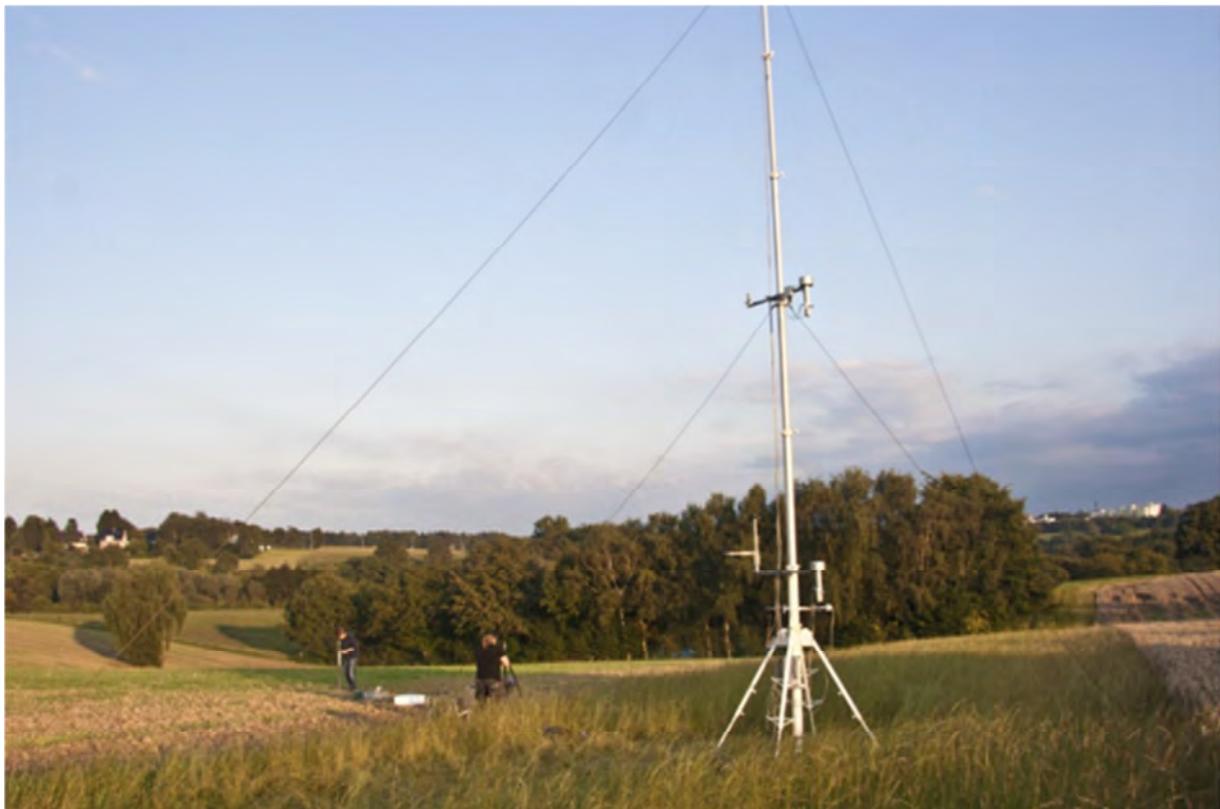


Abb. 20 Untersuchungsgebiet Fürkeltrath II mit Messaufbauten

In Abbildung 21 ist der Verlauf der Oberflächentemperaturen von fünf ausgewählten Messpunkten dargestellt. Die relativen Temperaturunterschiede der einzelnen Messpunkte (C1...C5, siehe Abb. 22) liegen zwischen 0,2 K und 0,8 K. Im Zeitraum ab ca. 19:40 bis 20:21 Uhr MEZ findet eine ausgeprägte wellenförmige Abkühlung auf Tiefstwerte um 14 °C statt. Die steileren Flanken in diesem Bereich der Zeitreihe sind ein Hinweis auf eine pulsierende Kaltluftströmung. Ab ca. 20:30 Uhr MEZ nivellieren sich die Temperaturen zu relativ konstanten Werten, welche durch den Effekt der Taubildung mit dem Thermographiesystem technologiebedingt nicht mehr exakt erfasst werden. Die längeren Phasen mit anhaltendem

Temperaturanstieg sind auf die zeitweise auftkommende Bewölkung, welche die langwellige Ausstrahlung während der Messung stört, zurückzuführen.

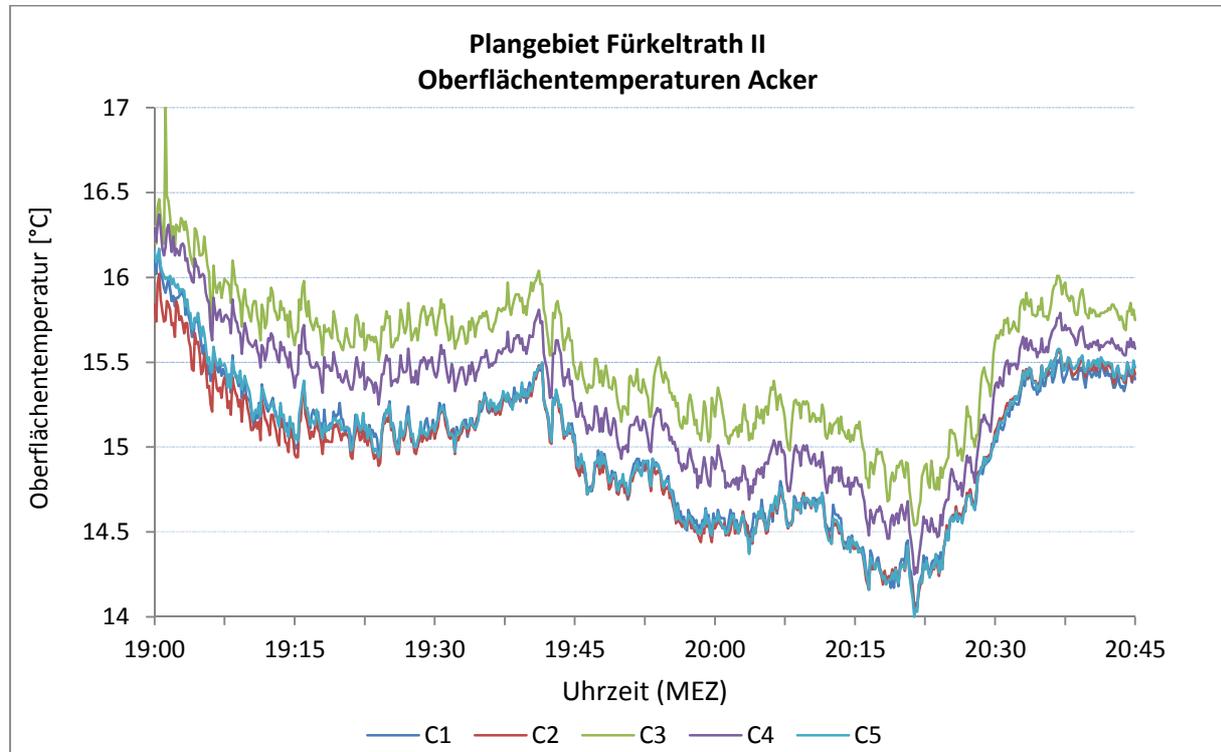


Abb. 21 Zeitreihe der nächtlichen Oberflächentemperaturen für Fürkeltrath II

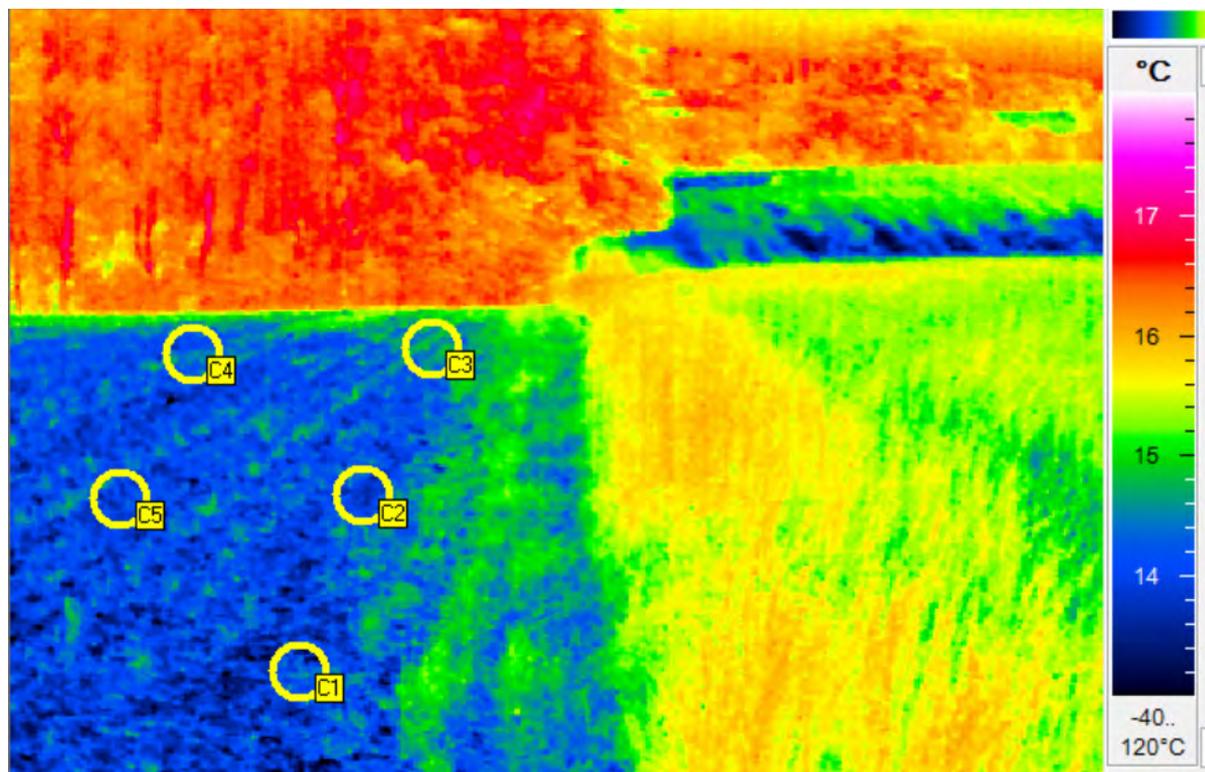


Abb. 22 Thermalszene (20:21Uhr MEZ) mit Messgeometrien, Planfläche Fürkeltrath II (links abgeernteter Acker; rechts Getreide)

4.1.2 Zusammenfassende Bewertung des Untersuchungsgebietes

Die zur gewerblichen Nutzung vorgesehene Fläche Piepersberg-West hat, bedingt durch die relativ hohe Geländeneigung in Richtung Süd-Ost, bei autochthoner Wetterlage eine lokale Kaltluftströmung in eben diese Richtung. Die mobilen Windmessungen mit dem Bus zeigen allerdings auch eine übergeordnete Strömung in süd-westlicher Richtung. Der Übergang der Kaltluft über den Roggenkamp ist aufgrund der Lärmschutz- und Dammanlage möglicherweise stark eingeschränkt. Die mobilen Temperaturmessungen zeigen jedoch eine abkühlende Beeinflussung des Siedlungsgebietes südlich des Gewerbegebietes Fürkeltrath I / Korkenzieherstraße. Diese aufgrund der Strömungshindernisse nicht selbstverständliche Beeinflussung ist ein starkes Indiz für den Übergang von Kaltluft bei einer ausreichenden Schichtmächtigkeit. Eine Verringerung der gesamten Kaltluftfläche in diesem Bereich durch die Bebauung von Piepersberg-West könnte die Ausprägung einer Kaltluftschicht mit ausreichender Mächtigkeit verhindern.

Die Planfläche Fürkeltrath II ist weitgehend von Freiflächen umgeben. Potenzielle Wirkgebiete dieser Fläche in der näheren Umgebung sind die Kleinsiedlungsgebiete Gütchen und Holz. Diese weisen jedoch aufgrund ihrer geringen Siedlungsdichte keine Überwärmungsproblematik auf. Das einzige weitere mögliche Wirkgebiet ist die Siedlungsfläche südlich des Gewerbegebietes Fürkeltrath I, diese liegt jedoch aufgrund der allgemeinen Kaltluftströmungsrichtung in süd-westliche Richtungen nicht im Einflussbereich dieses Untersuchungsgebietes. Die Geländemessungen mit Thermalkamera, Mastmessung und Ultraschall-Anemometer in dem Plangebiet konnten übereinstimmend die Entstehung von Kaltluft nachweisen. Die gemessene Fließrichtung entspricht jedoch nicht der durch die Orographie anzunehmenden Richtung Süd-Ost, sondern wird von der übergeordneten Strömung des Ittertales überprägt. Bei idealen autochthonen Bedingungen ist dennoch von einem Fließen der Kaltluft der Orographie folgend auszugehen, bei allochthonen Bedingungen dominiert die jeweilige übergeordnete Luftströmung.

Die Messfahrten zeigen eine deutliche klimatische Beeinflussung der Siedlungen Gütchen und Holz durch die Kaltluftdynamik des Ittertales. Gütchen liegt in Talgrundnähe zum Holzer Bach und sticht somit als kältester Ort der Messfahrten hervor. Die Kuppenlage von Holz bedingt im Vergleich dazu eine etwas höhere Lufttemperatur in 2 m Höhe.

4.2 Buschfeld und Keusenhof

Die untersuchten Planflächen Buschfeld und Keusenhof liegen in dem Bereich des südlichen übergeordneten Kaltluftgebietes des Ittertals.

Buschfeld wird in Abbildung 23 mit Blick auf die Blockbebauung an der Baverter Straße in südöstlicher Richtung gezeigt. Hinter dieser Bebauung schließt sich weitere Wohnbebauung an, die ein potenzielles Wirkgebiet darstellt. Erkennbar ist die Kuppenlage der Planfläche sowie die Nutzung des Gebietes als Ackerland.



Abb. 23 Untersuchungsgebiet Buschfeld (Foto: Denis Ahlemann)

Das Foto der Untersuchungsfläche Keusenhof (Abb. 24) zeigt die landwirtschaftliche Nutzung der Fläche. Während der klimatischen Geländemessung war dieser Bestand bereits abgeerntet. Erkennbar ist, dass dieses Areal weniger stark reliefiert ist als die übrigen Plangebiete. Es ist eine relativ flache Kammlage zwischen dem Ittertal im Norden und dem Lochbachtal in Westen.



Abb. 24 Untersuchungsgebiet Keusenhof (Foto: Denis Ahlemann)

Witterungsbedingungen am 04.09.2014

Im Bereich des kräftigen Höhenhochs mit Schwerpunkt über dem nordöstlichen Mitteleuropa herrschte weiterhin hoher Luftdruck. Die Erwärmung machte bei strahlendem Sonnenschein weitere Fortschritte. Meist wurden in Deutschland um 23 °C, vereinzelt sogar über 25 °C erreicht. Der übergeordnete Wind kam vorherrschend aus östlichen Richtungen. (Berliner Wetterkarte 2014)

Während der Messkampagne am 04.09.2014 wurden stationäre Messungen auf den Flächen Buschfeld und Keusenhof mit mobilen Messungen in die Umgebung der beiden potenziellen Gewerbestandorte hinein kombiniert. Die Standorte der stationären Messpunkte und die Route der Messfahrt sind in der Abbildung 25 dargestellt.

An einem 10 m hohen Messmast wurden von 15:18 bis 23:10 Uhr MEZ Temperaturen und Wind in verschiedenen Höhen erfasst. Ergänzt wurden diese stationären Messungen durch Temperatur- und Windmessungen in Bodennähe mit jeweils einem Ultraschall-Anemometer auf der Fläche Buschfeld und auf der Fläche Keusenhof (Standorte siehe Abb. 25). Zusätzlich wurden zur Erfassung der Lufttemperaturen in der weiteren Umgebung 3 Messfahrten auf der in Abbildung 25 eingezeichneten Messroute durchgeführt.

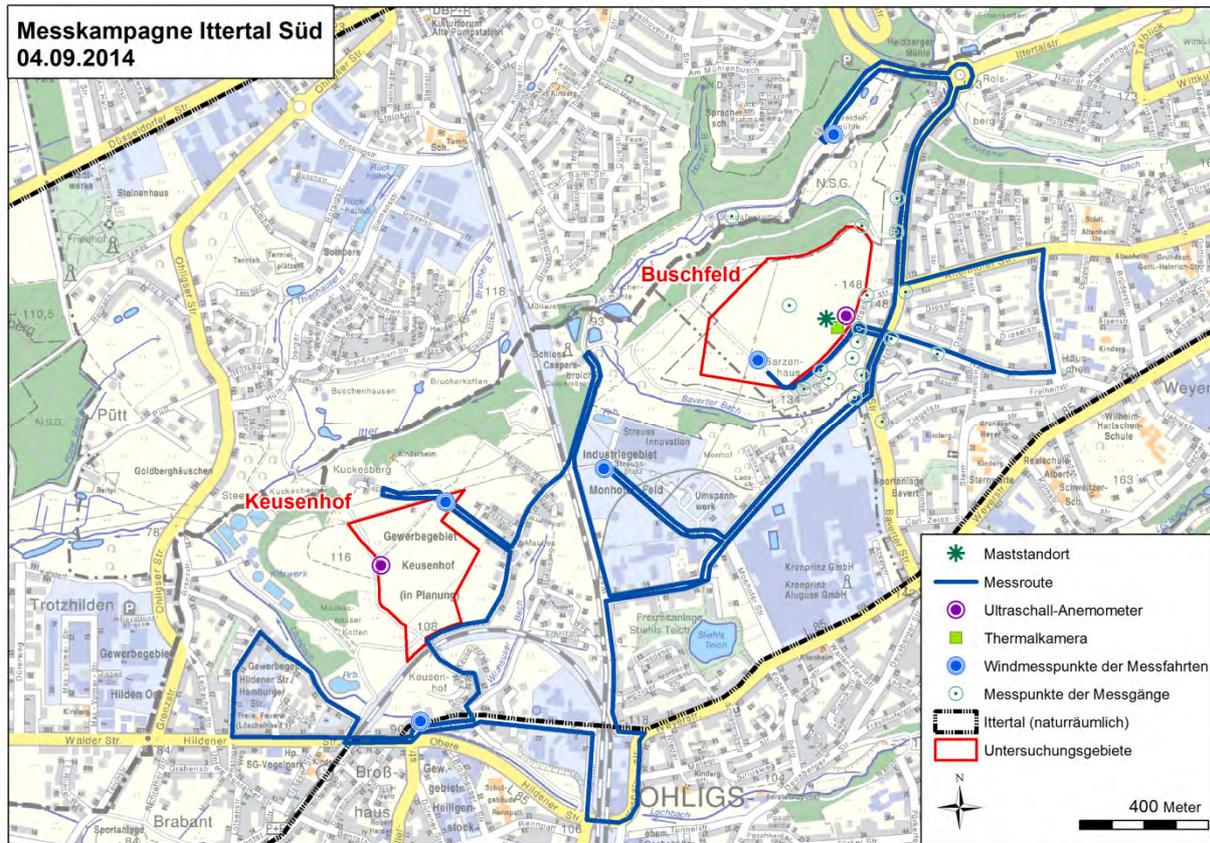


Abb. 25 Standorte der stationären Messpunkte und Route der Messfahrt während der Messkampagne Ittertal Süd am 04.09.2014

4.2.1 Ergebnisse der Messkampagne am 04.09.2014

Stationäre Messungen

Die stationären Messungen auf dem Untersuchungsgebiet Buschfeld fanden am 04.09.2014 von 15:18 bis 23:10 Uhr MEZ statt. Bis 16:00 Uhr MEZ schwankten die Temperaturen in den drei Messhöhen am Messmast (2 m, 5 m und 10 m über Grund, siehe Abb. 26) um 24° C. Mit sinkendem Sonnenstand setzte ab diesem Zeitpunkt, beginnend mit der 2 m Temperatur, die langwellige Ausstrahlung ein. Die negative Energiebilanz führte zu einem relativ linearen Temperaturabfall bis 20:10 Uhr MEZ auf 18,4° C in 2 m Höhe. Bis etwa 16:00 Uhr MEZ kam der Wind aus nordöstlichen Richtungen mit Geschwindigkeiten um 2 m/s und drehte dann bis 17:00 Uhr MEZ auf Richtungen aus SW.

Die folgende Phase der linearen Temperaturabnahme bis 20:10 Uhr MEZ war durch variatonsarme Winde aus südlicher Richtung gekennzeichnet, die Windgeschwindigkeit nahm in dieser Zeit insgesamt etwas zu und erreichte Maximalwerte um 3 m/s. Ab 20:11 Uhr MEZ ist eine deutliche Bodeninversion messbar, die niedrigste Temperatur wurde um 21:19 Uhr MEZ mit 16° C erfasst. Die Veränderlichkeit der Temperaturen ab diesem Zeitraum bis Messende weist auf eine deutliche Kaltluftbildung und die damit einhergehende Dynamik hin. Die nach-

lassende übergeordnete Windströmung führte zu gravitativen Kaltluftflüssen in Richtung Südsüdost. Die Windgeschwindigkeit wies geringe Schwankungen im Bereich der kurzen Frequenzen auf und blieb weitgehend im Bereich unter 1 m/s. Die ab 21:55 Uhr MEZ einsetzende Stagnation und der ab 22:25 Uhr MEZ einsetzende leichte Temperaturanstieg auf 17,3° C (2 m Höhe) sind auf die beginnende Wolkenbildung zurückzuführen.

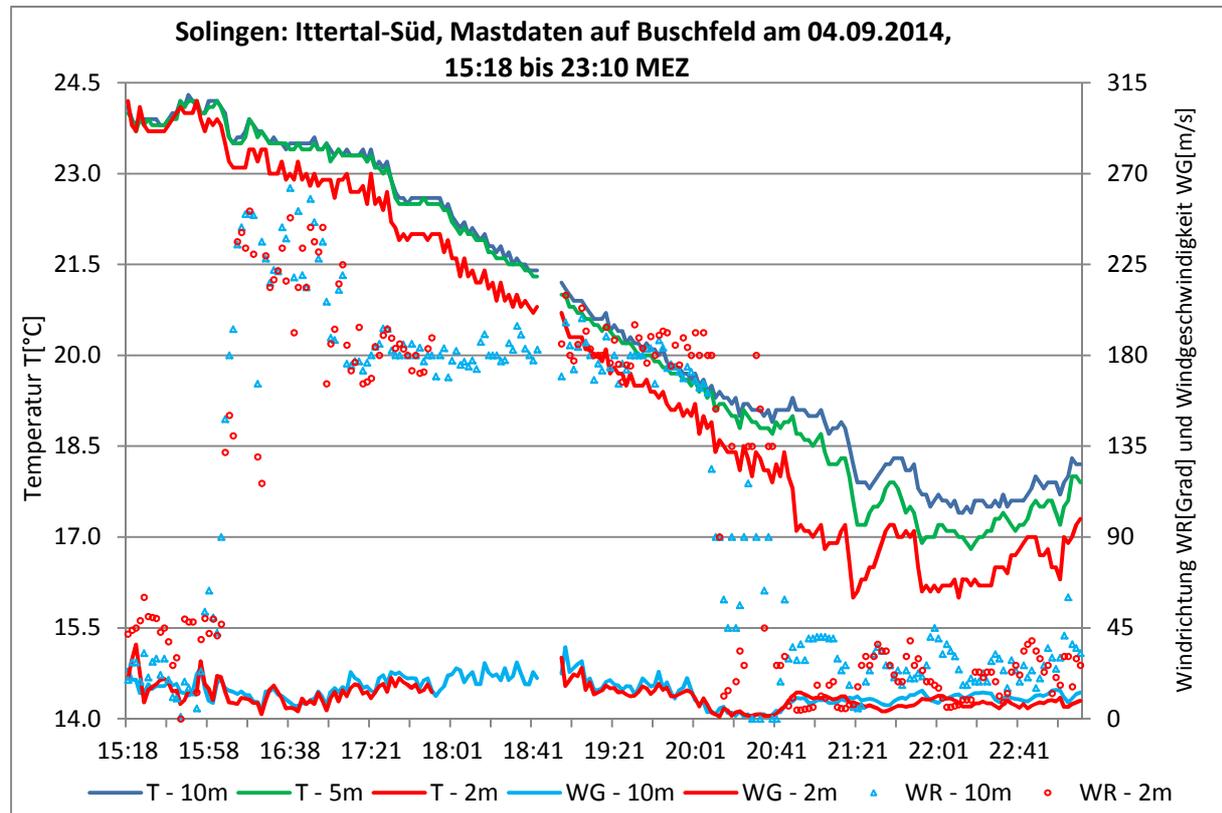


Abb. 26 Messdaten am 10-m-Mast auf Buschfeld am 04.09.2014

Das Ultraschall-Anemometer wurde auf der Untersuchungsfläche Buschfeld in einer Entfernung vom Mast von ca. 50 m aufgestellt. Die Messhöhe betrug 1 m über Grund. Messbeginn war 16:53 Uhr MEZ, Messende um 23:10 Uhr MEZ. Von 18:18 bis 19:16 Uhr MEZ kam es zu einem Messausfall, welcher sich im Zeitraum von 21:03 bis 21:27 Uhr MEZ wiederholte. Insgesamt bestätigen die Messungen der Temperatur, Windrichtung und -geschwindigkeit die Mastdaten. Die insgesamt etwas über 1 m/s gemessenen Windgeschwindigkeiten in der Zeit der Kaltluftabflüsse und die geringeren Temperaturen im Vergleich zu 2 m Höhe weisen auf einen deutlich von der übergeordneten Strömung abgekoppelten Kaltluftfluss hin. Insgesamt folgte die bodennahe, kaltluftbedingte Strömung der Geländeneigung in Richtung Baverter Bach.

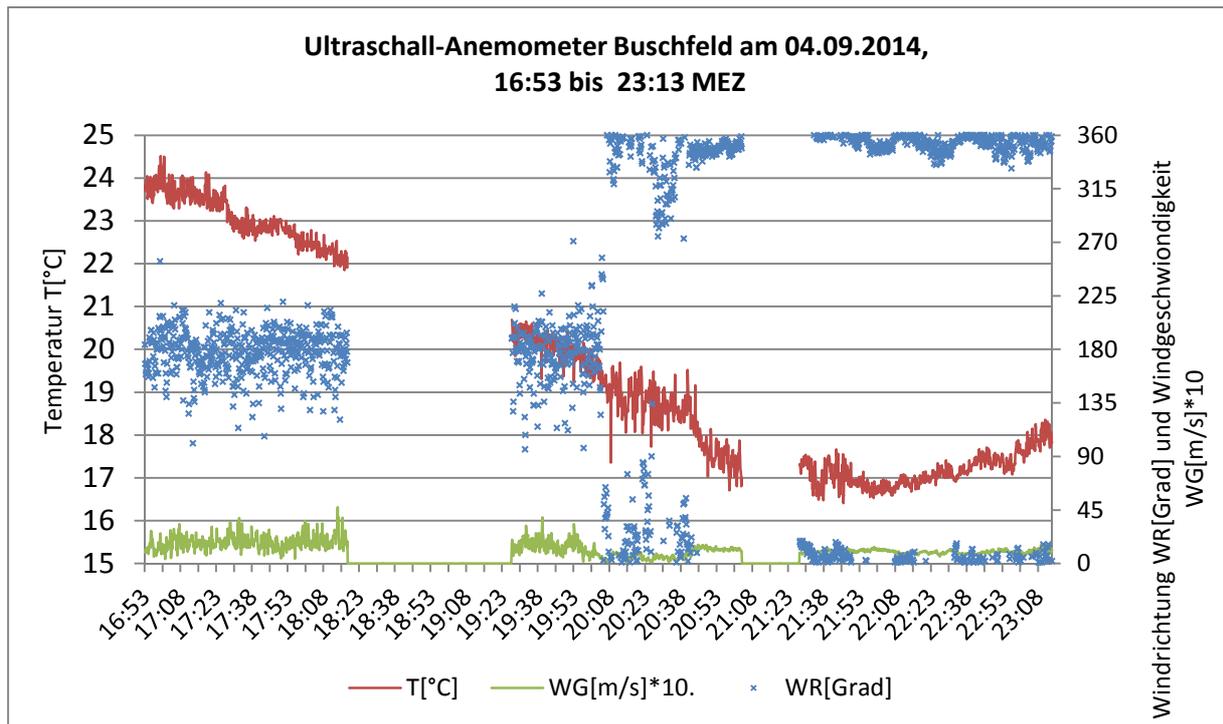


Abb. 27 Messdaten am Ultraschall-Anemometer auf Buschfeld am 04.09.2014

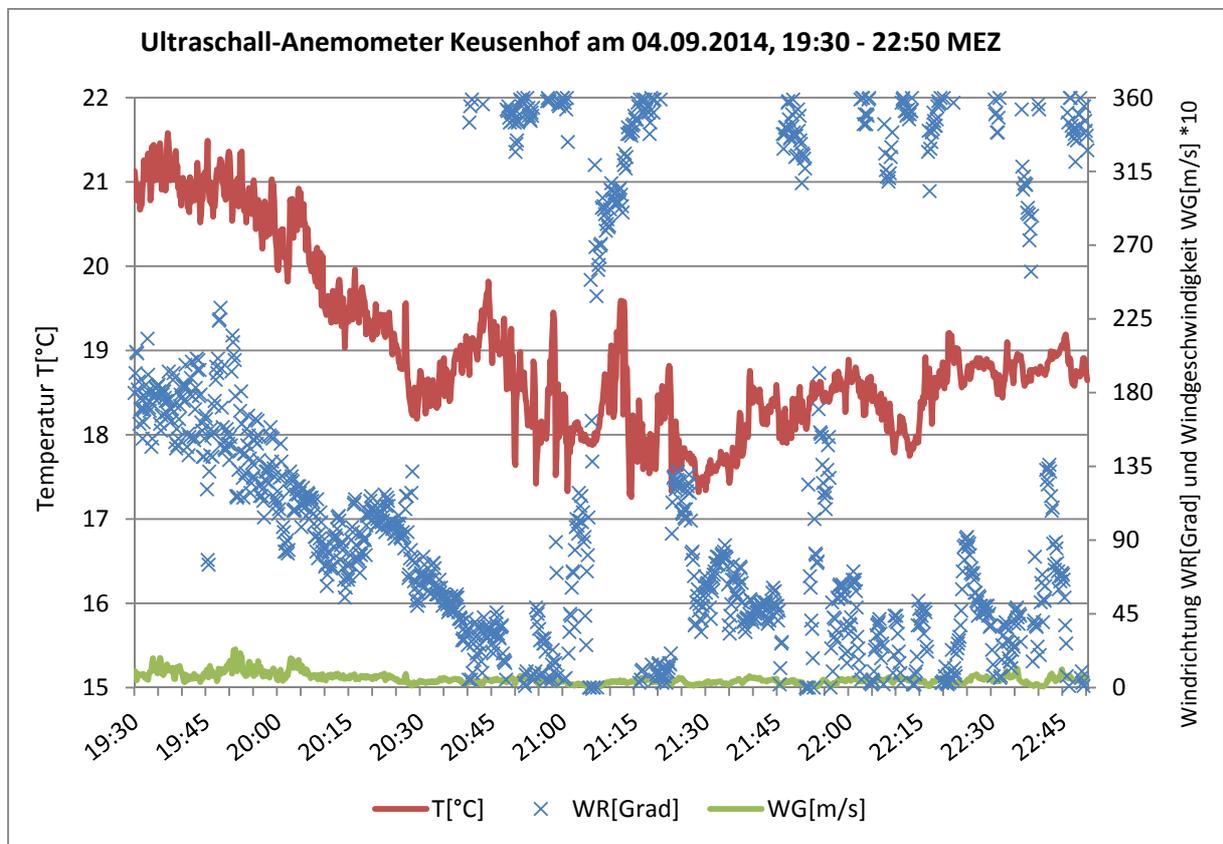


Abb. 28 Messdaten am Ultraschall-Anemometer auf Keusenhof am 04.09.2014

Die Messungen im Untersuchungsgebiet Keusenhof fanden ebenfalls am 04.09.2014 in der Zeit von 19:30 bis 22:50 Uhr MEZ mit einem weiteren Ultraschall-Anemometer statt. Die Messergebnisse auf dieser Fläche entsprechen im Zeitraum der übergeordneten Beeinflussung (bis etwa 20:40 Uhr MEZ) den Daten des Messmastes in Buschfeld. Da das Relief im unmittelbaren Messumfeld mehr Variation aufweist als im Messbereich Buschfeld, ist die gemessene Windrichtung am Keusenhof stärker veränderlich. Insgesamt dominierten in diesem Bereich bodennahe Kaltluftbewegungen in südwestliche Richtungen. Auch in diesen Messdaten ist die aufkommende Bewölkung ab ca. 21:40 Uhr MEZ durch im Mittel leicht ansteigende Temperaturen zu erkennen.

Mobile Messungen – Messfahrten in die Umgebung der Untersuchungsgebiete Buschfeld und Keusenhof

Zusätzlich zu den stationären Messungen an den Standorten Buschfeld und Keusenhof wurden während der Messkampagne am 04.09.14 Messfahrten auf gleicher Route zu unterschiedlichen Zeiten im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Die Messroute ist in der Abbildung 25 dargestellt. Die Route wurde jeweils mit einem Tempo von ca. 25 km/h befahren. Die Lufttemperaturen wurden in 2 m, 1 m und 0,5 m über Grund erfasst. Zusätzlich wurde verschiedenen Standorten entlang der Route die Windrichtung und –geschwindigkeit in 8 m Höhe über Grund im Stand gemessen. Zur Erfassung der thermischen Situation am Tag fand die erste Messfahrt von 17:00 bis 18:30 Uhr MEZ statt. Die Situation zu Beginn der Nacht erfasste eine Messfahrt von 19:30 bis 21:30 Uhr MEZ, eine weitere Messfahrt wurde von 21:39 bis 23:00 Uhr durchgeführt.

Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen in 2 m Höhe über Grund der abendlichen Messfahrt, die die stärksten Ausprägungen im Lokalklima zeigte, sind in der Abbildung 29 zusammengefasst. Während der Messfahrt schwankten die Temperaturen im Untersuchungsgebiet um Buschfeld und Keusenhof zwischen 15,5 °C und 19,2 °C. Zum besseren Vergleich der Messwerte wurden die Lufttemperaturen in 2 m Höhe über Grund mit Hilfe der Werte der stationären Messungen zeitkorrigiert, so dass sich alle in der Abb. 29 dargestellten Lufttemperatur-Messwerte der Abendmessfahrt auf 21:00 Uhr MEZ beziehen.

Die gemessenen Lufttemperaturen zeigen eine starke Abhängigkeit von der Flächennutzung und der Orographie des Untersuchungsgebietes. Die wärmsten Bereiche konzentrieren sich auf die Gewerbe- und dichter bebauten Wohngebiete. Mittlere bis kühle Temperaturen treten in locker bebauten Wohngebieten sowie in Freilandbereichen oberhalb der Taleinschnitte auf. Durch Akkumulation von Kaltluft sind die Freilandbereiche in den Taleinschnitten nochmal um 1 bis 2 Kelvin kälter. Der kühle Freilandbereich des Untersuchungsgebietes „Buschfeld“ zeigt einen leicht kühlenden Einfluss auf das sich östlich anschließende Wohngebiet, das dadurch keine Erwärmungstendenzen aufweist. Überwiegend fließt die auf der Fläche Buschfeld gebildete Kaltluft aber über das Baverter Bachtal zum Ittertal ab. Im weiteren Verlauf staut sich die Kaltluft vor dem Nord-Süd verlaufenden Bahndamm. Während sich die kalte Luft östlich entlang des Bahndamms verteilt, steigen die Lufttemperaturen auf der westlichen Seite des Bahndamm erstmal leicht an, bevor auf den hier gelegenen Freiflächen er-

neut Kaltluftbildung zur Abkühlung beiträgt. In Richtung der bebauten Bereiche von Ohligs steigen die Temperaturen zum Teil auf kurzer Distanz um bis zu 4 Kelvin an. Eine Wirkung der Kaltluft des Ittertals auf diese Bereiche ist nicht nachweisbar.

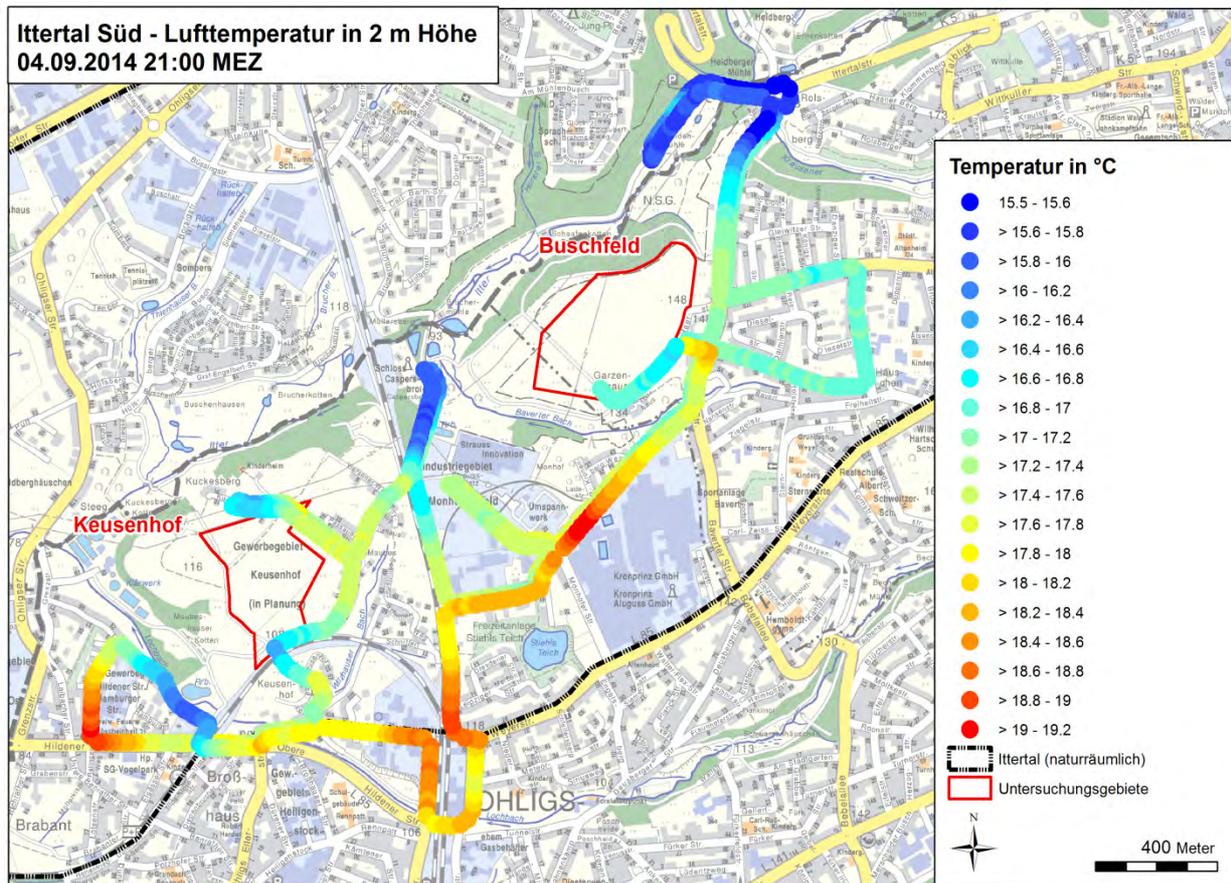


Abb. 29 Lufttemperaturen (2 m) der Messfahrt in Ittertalt Süd um 21:00 Uhr MEZ am 04.09.2014

In der Abbildung 30 lassen sich durch den Vergleich der Lufttemperaturen in den drei Messhöhen von 2 m, 1 m und 0,5 m über dem Boden während der nächtlichen Messfahrt zwischen 19:30 und 21:00 Uhr MEZ mehrere Abschnitte mit einer bodennahen Inversion als Hinweis auf Kaltluftvorkommen erkennen. Diese Bereiche liegen alle innerhalb der Taleinschnitte des Itterbachs und der Nebenbäche.

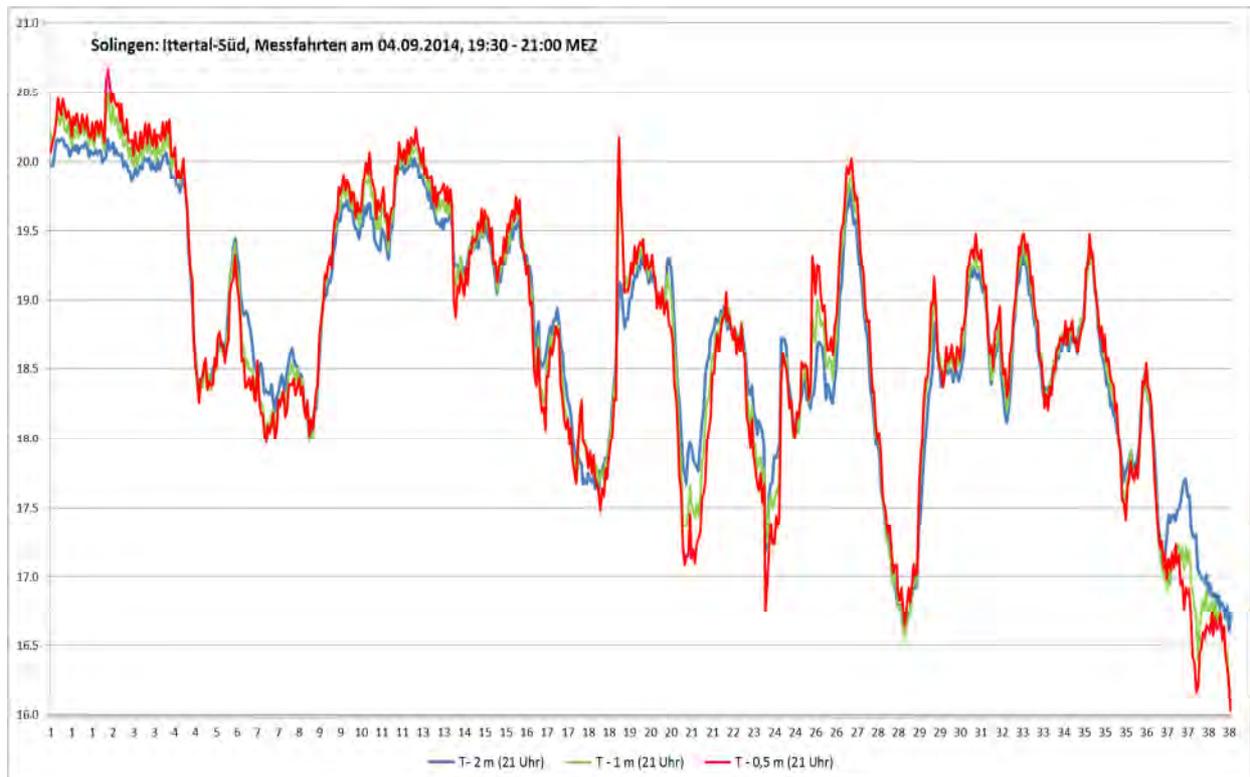


Abb. 30 Lufttemperaturen der Messfahrt von 19:30 bis 21:00 Uhr MEZ in Ittertal Süd am 04.09.2014

Unterstützende Messungen mittels Thermographie und Nebelmaschine

Der Messaufbau für die Planfläche Buschfeld (Abb. 31) wurde unter der Prämisse eines zu erwartenden Kaltluftabflusses von der Ackerfläche in Richtung Siedlungsgebiet Haaner Straße vorgenommen. Hierbei wurde ein Bildausschnitt von der Fläche ausgehend in Richtung Westen gewählt, welcher die zuvor gemähte Ackerfläche und die asphaltierte Straße erfasst.

Die Thermographieaufnahmen wurden am 04.09.2014 ab 18 Uhr MEZ mit einer Bildfolge von 5 Sekunden durchgeführt. Für die Ermittlung von repräsentativen Zeitreihen der Temperaturen unterschiedlicher Oberflächen wurden für die Ackerfläche drei Messgeometrien (C1-C3) und für die Asphaltfläche zwei Messgeometrien (C4-C5) festgelegt (siehe Abb. 32).

Das insgesamt deutlich höhere Temperaturniveau (Abb. 33) für die Messpunkte auf der Haaner Straße (C4, C5) im Vergleich zur Ackerfläche (C3-C5) verdeutlicht die wärmespeichernden Eigenschaften von technologischen Materialien. Die Oberflächentemperaturen der Ackerflächen liegen ca. 4 K - 6 K unter denen der Straße. Die Messspitzen auf der Asphaltfläche entstanden aufgrund von Störungen durch Fahrzeuge oder Personen, welche sich kurzzeitig im Aufnahmebereich der Thermalbildkamera befanden und werden für die weitere Auswertung nicht weiter betrachtet.



Abb. 31 Aufbau der Thermalbildkamera auf der Planfläche Buschfeld

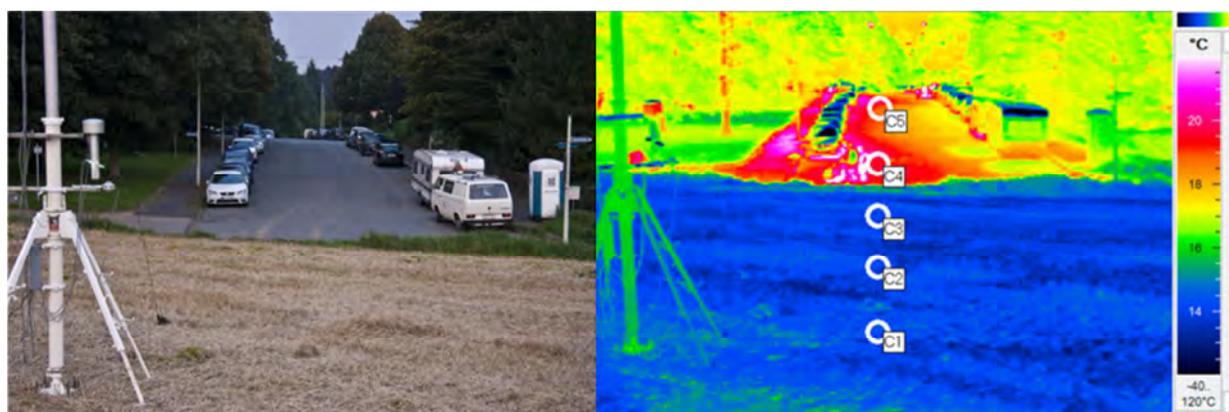


Abb. 32 Acker Buschfeld mit Sicht auf die Haaner Straße & Thermalszene (20:30Uhr MEZ) mit Messgeometrien

Von Beginn der Messung bis etwa 20:00 Uhr MEZ ist die Situation der Abkühlung durch die langwellige Ausstrahlung bei südlicher Strömung ohne Kaltluftbildung gut abgebildet. In der Zeit von 20:00 bis ca. 20:45 Uhr MEZ wurde durch den Einfluss von temporärer Bewölkung mit Windrichtung aus Nordost bis Nordwest die Ausstrahlung der Oberflächen gestört. Durch diese Witterungssituation fand kaum noch eine Abkühlung der Flächen statt. Ab 20:45 Uhr MEZ setzte eine Strömung aus nördlicher Richtung ein und die Abkühlungseffekte durch die Kaltluft (hier ca. 2 K in 15 Minuten) treten deutlich hervor. Im weiteren Verlauf ab ca. 21:30

Uhr MEZ trat zunehmend Bewölkung auf und die Ausstrahlung sowie die Kaltluftbildung wurden gestört.

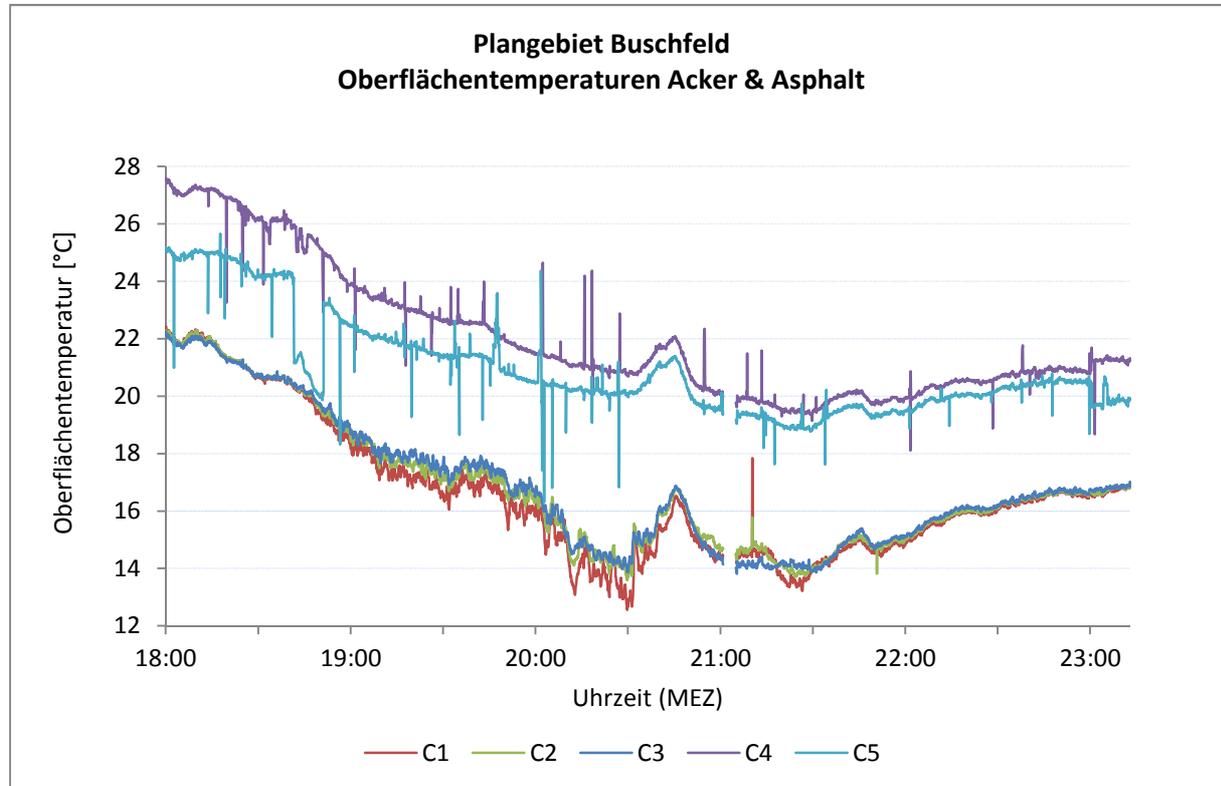


Abb. 33 Zeitreihe der nächtlichen Oberflächentemperaturen für Buschfeld

Für die Visualisierung der Kaltluftströmung im Gelände wurde zusätzlich eine Nebelmaschine eingesetzt. Der hiermit erzeugte Nebel fließt mit der Kaltluft ab und lässt so Rückschlüsse auf die Abflussrichtung und die strömungswirksame Kaltluftmächtigkeit zu. Der Nebel strömte mit dem Kaltluftabfluss während der Messung hangabwärts über die Ackerfläche an der Wohnsiedlung vorbei direkt zum Tiefpunkt des Baverter Bachtals.

Die Ausprägung der Kaltluftmächtigkeit kann mit einer Höhe von bis ca. 1 m über Grund nur als bodennah bezeichnet werden. Diese Verhältnisse deuten darauf hin, dass eine Kühlung der Siedlungsstrukturen mit Kaltluft von der Ackerfläche Buschfeld aufgrund der Strömungsverhältnisse nur in geringem Umfang stattfinden kann. Zur weiteren Quantifizierung der Kühlleistung und der Reichweite müssten mikroskalige Modellierungen herangezogen werden.



Abb. 34 Strömungsversuche mit einer Nebelmaschine am Standort Buschfeld

4.2.2 Zusammenfassende Bewertung des Untersuchungsgebietes

Durch die Messungen konnten die Entstehung von Kaltluft während autochtoner Messphasen nachgewiesen werden. Die potenziellen Wirkgebiete für die Kaltluft der Planfläche Buschfeld finden sich im östlich gelegenen Siedlungsgebiete um die Haaner und Baverter Straße sowie in den Bereichen der Industrieflächen im Süden. Die auf die Neigung des östlichen Teils der Planfläche Buschfeld gestützte Annahme, dass ein Teil der produzierten Kaltluft von der Hangfläche in östliche Richtung in das Siedlungsgebiet wirksam wird, konnte auf einer Messfahrt, aber nicht durch die Kaltluftströmungsmessungen bestätigt werden. Der Kaltluftabfluss erfolgt an dieser Stelle überwiegend in das Baverter Bachtal. Die um das Plangebiet führende Messfahrt zeigte eine leichte Temperaturabnahme im Bereich eines potenziellen Wirkgebiets der östlich angrenzenden Siedlung. Die kurzen Bereiche in der Zeitreihe der Ultraschall-Messung, in denen eine ungehinderte Kaltluftdynamik herrschte, zeigen jedoch keinen Kaltluftabfluss in Richtung der Siedlung.

Während der Messungen für das Plangebiet Keusenhof konnte ebenso wie bei den Messungen in Buschfeld ab ca. 21:45 Uhr MEZ eine deutliche kaltluftgeprägte Dynamik nachgewiesen werden.

5. Fazit mit Empfehlungen für die Planung

Aus dem Verständnis der aktuellen und der sich durch den Klimawandel verstärkenden klimatischen Konflikte, die sich aus der Umgestaltung von Flächen im Ittertal für das Stadtgebiet von Solingen ergeben, werden für alle vier potenziellen Gewerbestandorte die klimatischen Auswirkungen einer möglichen gewerblichen Nutzung analysiert und Anpassungsvorschläge entwickelt. Hierbei werden Aspekte der Belüftung und der Überhitzung einbezogen. Hinsichtlich der Beachtung von Klimabelangen werden Vorschläge für das weitere Vorgehen im Planungsprozess gemacht.

5.1 Piepersberg-West

5.1.1 Ist-Situation

In den Kuppenlagen des Ittertals treten nur vereinzelt locker bis mäßig bebaute Bereiche auf. Gute Luftaustauschbedingungen bei nur geringer Überwärmung tagsüber machen diese Bereiche überwiegend zu einem lokalklimatischen Gunstraum (Stadtklimaanalyse Solingen, Kuttler et al. 1993). Freiflächen mit lokaler Ausgleichsfunktion sind ausreichend vorhanden. Die Fläche Piepersberg-West weist die positiven Eigenschaften eines Ausgleichsraums auf, ein geringer Emissionsanteil, geringe Oberflächenrauigkeit, die zu einer Verbesserung der Belüftungssituation beiträgt, sowie die Produktion von Frisch- und Kaltluft durch starke nächtliche Abkühlungen an warmen und heißen Tagen.

Im Plangebiet Piepersberg-West wird ein Kaltluftvolumen von 9,5 Mio. m³ erreicht. Dies entspricht einem Anteil von nur 0,81 % bezogen auf die Kaltluftproduktion des gesamten Ittertals bzw. 1,66 % bezogen auf die Kaltluftproduktion des Teilraums Ittertall-Nord. Die Fläche ist von der übergeordneten Kaltluftströmung teilweise isoliert. Die Hanglage bedingt einen Abfluss der Kaltluft in südöstliche Richtung zur Talsohle des Pißbachs. Die Kaltluft wird durch die Barriere des Dammes am Roggenkamp in südwestlicher Richtung am weiteren Abfluss gehindert und sammelt sich dort an. Das Tal ist somit eine Kaltluftsenke. Bei ausreichender Kaltluftmächtigkeit können diese Hindernisse überwunden werden. Eine abkühlende Beeinflussung des Siedlungsgebietes südlich des Gewerbegebietes Fürkeltrath I / Korkenzieherstraße konnte durch Messungen nachgewiesen werden.

5.1.2 Mögliche klimatische Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet Piepersberg-West

- auf die Fläche selbst

Durch Bebauung und Versiegelung verändert sich das lokale Klima auf der Fläche selbst deutlich. Das Freilandklima mit der Möglichkeit, Kaltluft zu produzieren, würde zu einem Klima der Gewerbegebiete verändert. Im Sommer kann die in den Baumaterialien tagsüber gespeicherte Sonnenenergie zu einer nächtlichen Überwärmung führen. Die Nähe zum bestehenden Gewerbegebiet Piepersberg-Ost birgt die Gefahr der Ausbildung einer neuen schwachen Wärmeinsel in diesem Gebiet.

Im Ist-Zustand stellt das Plangebiet einen erheblichen Teil des Kaltluftzuflusses des Pißbachs zur Verfügung. Eine Bebauung dieses Gebietes verringert das lokale Kaltluftvolumenpotenzial deutlich.

- auf das Ittertal

Eine Bebauung der Planfläche Piepersberg-West hätte aufgrund der geringen Kaltluftabflusshöhe, der Kaltluftfließrichtung sowie der bestehenden Hindernisse für die Kaltluftströme keine bzw. nur eine geringe Reduktion der Kaltluft bezogen auf das gesamte Kaltluftpotenzials des Ittertals zur Folge. Die Fläche besitzt kein weiteres Kaltlufteinzugsgebiet, welches durch veränderte Nutzung möglicherweise zusätzlich betroffen wäre. Die Planfläche Piepersberg-West liegt am Rand der übergeordneten Kaltluftströmung und zerteilt oder blockiert diese bei Wegfall der Kaltluftproduktion durch Bebauung nicht.

Eine Beeinflussung der südwestlich gerichteten übergeordneten Kaltluftströmung ist möglich. Die klimatischen Geländemessungen geben im Ist-Zustand deutliche Hinweise auf einen Kaltlufteinfluss auf die Siedlung Fürkeltrath. Aufgrund der Strömungshindernisse am Roggenkamp, die ein südwärts gerichtetes Fließen der Kaltluft behindern, ist eine entsprechend mächtige Kaltluftschicht erforderlich, um die Hindernisse überwinden zu können. Eine Verringerung der gesamten Kaltluftfläche in diesem Bereich durch die Bebauung von Piepersberg-West könnte die Ausprägung einer Kaltluftschicht mit ausreichender Mächtigkeit verhindern. Um genauere Aussagen über diesen speziellen Funktionszusammenhang treffen zu können, wäre eine weitergehende Untersuchung dieser Fragestellung zu empfehlen.

Allerdings ist das Wirkgebiet der aus dem Bereich Piepersberg abfließenden Kaltluft kein Lastrum mit einer zu erwartenden Überwärmung selbst unter den Annahmen des Klimawandels. Fürkeltrath ist eine kleine Siedlungsfläche mit einer sehr lockeren Bebauungsstruktur und von allen Seiten außer im Nordwesten, wo die Siedlung an das Gewerbegebiet Fürkeltrath I grenzt, von allen Seiten von Freiland umgeben. Ein Zufluss von weiterer Kaltluft ist hier nicht notwendig

- auf die Stadt Solingen und Umgebung

Aufgrund der Fließrichtung besitzt die im Talgrund des Pißbachs konvergierende Kaltluft der Flächen von Piepersberg-West keinen Einfluss auf das weit oberhalb der Planfläche angrenzende Wohngebiet von Wuppertal-Vohwinkel. Auch der Businesspark Piepersberg-Ost befindet sich bedingt durch die Orographie außerhalb der Kaltluftwirkgebiete. Weiter südwestlich wirkt die Kaltluft auf das Siedlungsgebiet von Fürkeltrath. Allerdings ist dieses Wirkgebiet kein Lastrum mit einer zu erwartenden Überwärmung selbst unter den Annahmen des Klimawandels.

Eine klimatische Beeinflussung der weiter entfernten bebauten Gebiete von Solingen durch Verbindungen über Luftleitbahnen ist aufgrund der orographischen Situation und der bei Strahlungswetterlagen vorherrschenden Windrichtung aus östlichen Richtungen (übergeordnet) und in südwestliche Richtung (Kaltluftfluss) nicht möglich.

5.1.4 Maßnahmenkatalog mit Anpassungsvorschlägen für Piepersberg-West

Insgesamt wird sich durch eine gewerbliche Bebauung des Gebietes von Piepersberg-West das lokale Klima vor Ort von einem Ausgleichsraum in einen Lastraum verändern, ohne das relevante Auswirkungen auf das Ittertal, durch die Randlage des Plangebietes, oder die Stadt Solingen zu erwarten sind. Es wird empfohlen, die lokalen Auswirkungen durch klimatische Anpassungsmaßnahmen zu minimieren. Für eine Quantifizierung der Auswirkungen sind mikroskalige Modellierungen notwendig. Folgende qualitative Vorschläge sind sinnvoll:

- Gewerbehallen mit einer Dachbegrünung versehen, um die lokale Aufheizung zu minimieren und Niederschlagswasser zurückzuhalten.
- Grünflächen im Gewerbegebiet mit Öffnung zum Pißbach-Tal anlegen, um einen hangabwärts gerichteten Kaltluftfluss von den unversiegelten Flächen im Plangebiet zu ermöglichen.
- Eine deutliche Trennung der Gewerbegebiete Piepersberg-West und Piepersberg-Ost durch Grünmaßnahmen erreichen, um zu verhindern, dass eine zusammenhängende Wärmeinsel entsteht.
- Einen Grünpuffer mit hoher Vegetation zur angrenzenden Wohnbebauung von Wuppertal-Vohwinkel anlegen.

Das vorliegende städtebauliche Grobkonzept für das Gewerbegebiet Piepersberg-West zeigt bereits einen Grünpuffer als Abgrenzung zu den umgebenden Siedlungsbereichen und Freiflächen.

5.2 Fürkeltrath II

5.2.1 Ist-Situation

Das Plangebiet Fürkeltrath II gehört laut Stadtklimaanalyse Solingen (Kuttler et al. 1993) zum Klimatop der Kamm- und oberen Hanglagen mit Freiflächen sowie locker bis mäßig bebauten Stadtteilen. Gute Luftaustauschbedingungen bei nur geringer Überwärmung tagsüber machen diese Bereiche überwiegend zu einem lokalklimatischen Gunstraum. Freiflächen mit lokaler Ausgleichsfunktion sind ausreichend vorhanden. Die Fläche Fürkeltrath II weist die positiven Eigenschaften eines Ausgleichsraums auf, ein geringer Emissionsanteil, geringe Oberflächenrauigkeit, die zu einer Verbesserung der Belüftungssituation beiträgt, sowie die Produktion von Frisch- und Kaltluft durch starke nächtliche Abkühlungen an warmen und heißen Tagen..

Die strahlungs nächtliche Kaltluftproduktion des Planungsgebiet Fürkeltrath II beträgt im Sommer 12,1 Mio. m³. Dies entspricht einem Anteil von 1,04 % bezogen auf die Kaltluftproduktion des gesamten Ittertals bzw. 2,12 % bezogen auf Ittertal-Nord. Die Planfläche mit einer Hangneigung in südöstliche Richtung ist an das übergeordnete Kaltluftgebiet des Ittertals

angeschlossen. Die auf der Fläche Fürkeltrath II produzierte Kaltluft wirkt somit auf den gesamten Bereich Ittertals-Nord.

Geländeklimatische Messungen verdeutlichten die Überwärmung in der Umgebung der bestehenden Gewerbegebiete Fürkeltrath I sowie des „Industrieparks Haan Ost“. Dagegen sanken die Lufttemperaturen auf der Untersuchungsfläche Fürkeltrath II im Verlauf der Nacht stark ab. Hier zeigte sich die Fähigkeit der Fläche zur Kaltluftproduktion selbst unter nicht optimalen Austauschbedingungen.

Die Geländemessungen konnten übereinstimmend die Entstehung von Kaltluft nachweisen. Bei idealen autochthonen Bedingungen ist von einem Fließen der Kaltluft der Orographie folgend auszugehen, bei allochthonen Bedingungen dominiert die jeweilige übergeordnete Luftströmung. Die Messfahrten zeigen eine deutliche klimatische Beeinflussung der Siedlungen Gütchen und Holz durch die Kaltluftdynamik des Ittertals. Gütchen liegt in Talgrundnähe zum Holzer Bach und sticht somit als kältester Ort in der Umgebung hervor. Die Kuppelung von Holz bedingt im Vergleich dazu eine etwas höhere Lufttemperatur.

5.2.2 Mögliche klimatische Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet Fürkeltrath II

- auf die Fläche selbst

Eine Zunahme des thermischen Niveaus durch die Bebauung bleibt je nach Baustruktur lokal begrenzt. Allerdings kann die Nähe zu den bestehenden Gewerbegebieten Fürkeltrath I sowie Haan-Ost zu einer Ausweitung der Überwärmung in die weitere Umgebung führen. Die im Vergleich zum Industriepark Haan-Ost sehr geringe Flächenausdehnung des Gebietes Fürkeltrath II wird insgesamt nur zu einer sehr geringen lokalen Klimaveränderung in unmittelbarer Umgebung der Fläche führen.

- auf das Ittertals

In nordwestlicher Richtung besteht ein Anschluss an ein potenzielles Kaltluftentstehungsgebiet mit relativ geringer Flächengröße, welches zwischen der Autobahn A46 und der L357 liegt. Durch eine dichte Bebauung im Plangebiet würde der Kaltluftabfluss dieses Kaltlufteinzugsgebietes zusätzlich zum Gebiet von Fürkeltrath II von dem übergeordneten Kaltluftgebiet des Ittertals abgetrennt. Allerdings beabsichtigt Haan auch eine bauliche Entwicklung dieser Freifläche. Für das gesamte Kaltluftgebiet Ittertals hätte der Verlust des geringen Kaltluftvolumens der Planfläche und des Kaltlufteinzugsgebietes nur unbedeutende Auswirkungen. Die Fläche von Fürkeltrath II liegt am Rand der übergeordneten Kaltluftströmung und zerteilt oder blockiert diese bei Wegfall der Kaltluftproduktion durch Bebauung nicht.

Die Planfläche Fürkeltrath II ist weitgehend von Freiflächen umgeben. Potenzielle Wirkgebiete dieser Fläche in der näheren Umgebung sind die Kleinsiedlungsgebiete Gütchen und Holz. Diese weisen jedoch aufgrund ihrer geringen Siedlungsdichte keine Überwärmungsproblematik auf. Das einzige weitere mögliche Wirkgebiet ist die Siedlungsfläche südlich des Gewerbegebietes Fürkeltrath I, diese liegt jedoch aufgrund der allgemeinen Kaltluftströ-

mungsrichtung in südwestliche Richtungen nicht im Einflussbereich dieses Untersuchungsgebietes.

- **auf die Stadt Solingen und Umgebung**

Im Westen der potenziellen Gewerbefläche von Fürkeltrath II liegt der Industriepark Haan-Ost, südlich und östlich, umgeben von Acker- und Grünflächen, liegen die Kleinsiedlungen Holz und Gütchen. Die Richtung des Abflusses der auf der Fläche von Fürkeltrath II produzierten Kaltluft führt vom Industriepark Haan-Ost weg in südöstliche Richtung und hat somit keine Relevanz für dieses Gewerbegebiet. Die abfließende Kaltluft wirkt auf die Kleinsiedlungen Holz und Gütchen ein, die aber keine Erwärmungsprobleme aufweisen und zudem schon im Einflussbereich der Kaltluftströmung im Holzer Bachtal liegen. Bei einer Bebauung der Fläche und dem damit verbundenen Wegfall des Kaltluftpotenzials sind die Auswirkungen auf die bebaute Umgebung als kaum relevant zu bewerten.

5.2.3 Maßnahmenkatalog mit Anpassungsvorschlägen für Fürkeltrath II

Für das gesamte Kaltluftgebiet Ittertal hätte der Verlust des geringen Kaltluftvolumens der Planfläche Fürkeltrath II und des weiteren Kaltlufteinzugsgebietes nur unbedeutende Auswirkungen in Hinsicht auf die Gesamtkaltluftmenge. Die mit einer dichten Bebauung des Plangebietes verbundene Abtrennung der weiter nördlich gelegenen Kaltluftfläche ist aufgrund des geringen Kaltluftvolumens in Bezug auf das gesamte Ittertal zu vernachlässigen. Durch eine Berücksichtigung von Anpassungsmaßnahmen bei der Bebauung des Plangebietes können die Auswirkungen weiter minimiert werden.

- Gewerbehallen mit einer Dachbegrünung versehen, um die lokale Aufheizung zu minimieren und Niederschlagswasser zurückzuhalten.
- Grünflächen im Gewerbegebiet mit hangabwärts gerichteten Schneisen anlegen, um ein Durchströmen der Kaltluft aus dem oberhalb angrenzenden Freilandgebiet in Richtung Ittertal zu ermöglichen
- Schneisen offenhalten durch eine günstige Gebäudestellung, empfohlen wird eine zur Fließrichtung der Kaltluft parallele Bebauung (Hangrichtung), damit die auf der weiter nördlich gelegenen Fläche produzierte Kaltluft in das neue Gewerbegebiet hinein wirken kann.
- Die Sperrschicht einer Inversionswetterlage kann im Winter eine Rolle für die Lufthygiene im Bereich von Fürkeltrath II spielen, daher möglichst keine emittierenden Betriebe ansiedeln.

Aus klimatischer Sicht gibt es hinsichtlich des vorliegenden städtebaulichen Grobkonzeptes für Fürkeltrath II keine Anmerkungen.

5.3 Buschfeld

5.3.1 Ist-Situation

Der Bereich Buschfeld erstreckt sich laut Stadtklimaanalyse Solingen (Kuttler et al. 1993) über zwei verschiedene Klimatope. Die unteren Hangbereiche gehören zum Klimatop der Talräume, die durch eine sehr starke nächtliche Abkühlung und ein sehr hohes klimatisches Immissionspotenzial gekennzeichnet sind. Der überwiegende Teil der Fläche Buschfeld ist aber dem Klimatop der Kamm- und oberen Hanglagen zugeordnet. Gute Luftaustauschbedingungen bei nur geringer Überwärmung tagsüber machen diese Bereiche zu einem lokal-klimatischen Gunstraum. Die Planfläche Buschfeld hat ein Kaltluftpotenzial von 22,7 Mio. m³ und ist mit 1,96 % an der Kaltluftproduktion bezogen auf das gesamte Ittertal beteiligt, bezogen auf die Kaltluftfläche von Ittertal-Süd sind es sogar rund 9 %. Bisher gibt es auf der zurzeit als Acker genutzten Fläche keine Barrieren, so dass diese als relativ großes Kaltluftproduktionsgebiet ideal wirksam werden kann. Die Fläche hat keine Anbindung an ein weiteres Kaltlufteinzugsgebiet. Bedingt durch die Kuppenlage fließt die Kaltluft der Fläche hangabwärts in alle Himmelsrichtungen mit unterschiedlicher Intensität nach außen zu den Randbereichen ab. Ein großer Anteil der Kaltluftabflüsse strömt nach Norden sowie nach Westen über ein steiles Gefälle in Richtung Itterbach. Die Kaltluft im Süden der Fläche fließt in das Baverter Bachtal ab und dort entlang der Bachführung weiter in Richtung Itterbach. Diese Kaltluft fließt im dem Talverlauf folgend weiter in südlich gelegene Gebiete. Auf Höhe der Kreuzung der westlich gelegene Bahnstrecke und des Itterbachs stellt jedoch der Bahndamm eine Barriere für die talabwärts strömende Kaltluft dar. Der Kaltluftstau an dieser Stelle weist ein hohes lufthygienisches Belastungspotenzial auf (siehe auch Kuttler et al. 1993). Schadstoffe können sich in der aufgestauten Kaltluft anreichern. Die Planfläche Buschfeld selbst liegt aufgrund der gut durchlüfteten Kuppenlage in der Regel oberhalb der Sperrschicht bei einer Inversionswetterlage. Die Kaltluft wirkt nur bodennah.

Die potenziellen Wirkgebiete für die Kaltluft der Planfläche Buschfeld finden sich im östlich gelegenen Siedlungsgebiete um die Haaner und Baverter Straße sowie in den Bereichen der Industrieflächen im Süden. Der kühle Freilandbereich des Gebietes Buschfeld zeigt einen leicht kühlenden Einfluss auf das sich östlich anschließende Wohngebiet, das dadurch keine Erwärmungstendenzen aufweist. Überwiegend fließt die auf der Fläche Buschfeld gebildete Kaltluft aber über die Bachtäler ab. Die Ausprägung der Kaltluftmächtigkeit kann mit einer Höhe von bis ca. 1 m über Grund nur als bodennah bezeichnet werden. Diese Verhältnisse deuten darauf hin, dass eine Kühlung der Siedlungsstrukturen mit Kaltluft von der Ackerfläche Buschfeld aufgrund der Strömungsverhältnisse nur in geringem Umfang stattfinden kann.

5.3.2 Mögliche klimatische Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet Buschfeld

- auf die Fläche selbst

Buschfeld stellt eine große, zusammenhängende Freilandfläche dar, die sich im Fall einer Bebauung zu einer großen lokalen Wärmeinsel wandeln könnte. Die Kuppenlage verstärkt

hierbei die mögliche Überwärmung des Gebietes, da keine kühle Luft aus der Umgebung zufließen kann.

- auf das Ittertal

Ein Wegfall der Fläche des Plangebietes Buschfeld als Kaltluftproduzent reduziert die Ausdehnung des Kaltluftgebietes des südlichen Teilbereiches des Ittertals in der Breite. Die dadurch entstehende Verkleinerung der Kaltluftfläche hat einen Einfluss auf die Gesamtmenge der produzierten Kaltluft und darüber hinaus auch auf die Kaltluftfließgeschwindigkeit, da weniger Masse zufließt. Mit einem Kaltluftbildungspotenzial-Anteil von rund 9 % bezogen auf die Kaltluftflächen des südlichen Ittertals käme es im Fall einer Bebauung der Fläche Buschfeld zu einer deutlichen Reduzierung der Kaltluftströmung. Aufgrund der Kuppenlage am Rande der südlichen Hauptkaltluftfläche wird die potenzielle Bebauung die übergeordnete Kaltluftströmung des Ittertals zwar reduzieren, aber nicht als Strömungshindernis blockieren.

- auf die Stadt Solingen und Umgebung

Im Süden der potenziellen Gewerbefläche Buschfeld befindet sich das Industriegebiet Monhofer Feld sowie das Gelände eines großen metallverarbeitenden Betriebs. Im Osten grenzt das Untersuchungsgebiet an die Blockbebauung der Baverter Straße. Westlich und nördlich fällt das Gelände steil zum Einschnitt des Ittertals ab.

Bedingt durch die Kuppenlage fließt die Kaltluft der Fläche hangabwärts mit unterschiedlicher Intensität aufgrund der unterschiedlich steilen Hänge in alle Himmelsrichtungen ab. Somit kann der Teil der Fläche, der ein leichtes Gefälle nach Osten aufweist, für die Kühlung im Siedlungsbereich zwischen der Haaner Str. und Altenhofer Str. wirksam werden. Ein Teil der Fläche des Plangebietes Buschfeld ist somit als Kaltluftproduktionsfläche aufgrund der Größe und der Lage im Gelände für die angrenzenden Siedlungsbereiche wirksam. Durch eine Bebauung auf diesem Teilbereich der Planfläche würde auch der Anteil an Kaltluftvolumen entfallen, der einen geringen Beitrag zur Kühlung des Wohngebietes leisten kann.

Die weitaus größere Menge an Kaltluft fließt nach Norden, Westen und Süden in die Täler der Itter und des Baverter Bachs ab. Die im weiteren Verlauf des Ittertals akkumulierte Kaltluft wird auf Höhe der Kreuzung der westlich gelegene Bahnstrecke und des Itterbachs durch den Bahndamm weitgehend aufgehalten. Durch diese Barriere wird bereits im Ist-Zustand der Kaltluftstrom blockiert, so dass durch den Wegfall des Kaltluftvolumens der Planfläche Buschfeld bei einer Bebauung keine oder nur eine geringe Veränderung auf den Flächen westlich der Bahntrasse zu erwarten ist. Um diese qualitative Aussage quantifizieren zu können, wären wiederum mikroskalige Modellierungen notwendig.

5.3.3 Maßnahmenkatalog mit Anpassungsvorschlägen für Buschfeld

Insgesamt wird sich durch eine gewerbliche Bebauung der Planfläche Buschfeld das lokale Klima vor Ort von einem Ausgleichsraum in einen Lastraum verändern mit Auswirkungen auf die unmittelbare Umgebung des Gebietes. Es wird empfohlen, die lokalen Auswirkungen durch klimatische Anpassungsmaßnahmen zu minimieren.

- Aufgrund der Kuppenlage besteht bei einer großflächigen Versiegelung die Ausbildung einer lokalen Wärmeinsel und bei Starkregen Oberflächenabflüsse in die Umgebung (siehe auch ISB 2012, S. 22). Durch Minimierung der Versiegelung kann dieser Gefahr entgegengewirkt werden. Parkplätze und Gehwege sollten mit versickerungsfähigen Materialien gestaltet werden.
- Eine starke Durchgrünung, auch Dach- und Fassadenbegrünung und Beschattung durch Bäume im versiegelten Gebiet kann die Aufheizung im Sommer reduzieren.
- Um den möglichen Kühleffekt auf das sich östlich anschließende Wohngebiet zu erhalten, wird eine Freihaltung der östlichen Hangseite (relativ kleines Gebiet, unter 20 % der Gesamtfläche) von Buschfeld empfohlen.

Das vorliegende städtebauliche Grobkonzept für das Gewerbegebiet Buschfeld sieht stattdessen einen Grünpuffer als Abgrenzung zu den östlich gelegenen Siedlungsbereichen vor. Damit kann das Eindringen von warmer Luft aus dem Gewerbegebiet in das Wohngebiet verringert werden, es fände an dieser Stelle aber kein Kaltluftfluss mehr statt.

5.4 Keusenhof

5.4.1 Ist-Situation

Die Planfläche Keusenhof gehört nach Einschätzung der Stadtklimaanalyse Solingen (Kuttler et al. 1993) zum Klimatop der unteren Kamm- und Hanglagen mit Freiflächen sowie offenen Siedlungsbereichen. Diese locker bebauten Bereiche in den unteren Hanglagen des Ittertals können bei windschwachen Wetterlagen eingeschränkte nächtliche Luftaustauschbedingungen aufweisen. Kaltluftbildung und -zufluss aus den Freilandbereichen des Ittertals bilden eine Sperrschicht aus, unter der sich Luftschadstoffe anreichern können. Die Höhe dieser Sperrschicht ist von der Menge der Kaltluft abhängig und in der Regel im Winter höher als im Sommer. Während der Sommernächte mit Strahlungswetterlage liegt die Sperrschicht in Bodennähe, meist deutlich unterhalb von 10 m Höhe über Grund. Tagsüber sind die Austauschbedingungen gut und die Erwärmung ist nur mäßig ausgeprägt.

Die im südlichen Auslauf des zusammenhängenden Kaltluftgebietes des Ittertals gelegene Planfläche Keusenhof hat einen Volumenanteil von 1,3 % bezogen auf das Kaltluftbildungspotenzials des gesamten Ittertals und von rund 6 % bezogen auf Ittertals-Süd. Die Fläche besitzt ein Gefälle in südwestliche Richtung. In Richtung der bebauten Bereiche von Ohligs steigen die Lufttemperaturen während einer sommerlichen Strahlungsnacht zum Teil auf kurzer Distanz um einige Grad an. Eine Wirkung der Kaltluft des Ittertals auf diese Bereiche ist nicht nachweisbar.

5.4.2 Mögliche klimatische Auswirkungen durch das geplante Gewerbegebiet Keusen- senhof

- auf die Fläche selbst

Für die Bewertung der Planungsrelevanz des Untersuchungsgebietes ist die Lage am süd-östlichen Ende des zusammenhängenden Kaltluftgebietes des Ittertals von entscheidender Bedeutung. Lokal wird das thermische Niveau durch eine Bebauung geringfügig negativ beeinflusst werden. Da die Umgebung im Ist-Zustand keinerlei Überwärmung zeigt, kann davon ausgegangen werden, dass die Auswirkungen unerheblich sind.

Da aufgrund der Reduktion des übergeordneten Kaltluftvolumens mit einer Veränderung der Kühlung durch Kaltluftzufuhr nur in Fließrichtung, also in Richtung Südwesten zu rechnen ist und hier keine nennenswerten Bebauungsstrukturen mehr auftauchen, der Einfluss einer Bebauung des Gebietes auf das Klima als gering bezeichnet werden.

- auf das Ittertal

Die potenziellen Wirkgebiete der auf der Planfläche Keusen-
senhof gebildeten Kaltluft liegen in Richtung der Kaltluftsenke des Lochbachs zum südlichen Ende des übergeordneten Kaltluft-
gebietes des Ittertals. Das geringe Kaltluftvolumen der Fläche und die in Bezug auf das be-
baute Stadtgebiet von Solingen entgegengesetzte Strömungsrichtung resultieren in einer
sehr geringen Relevanz dieser Teilfläche für das Kaltluftpotenzial des Ittertals.

Im Zusammenwirken mit einer gewerblichen Bebauung des Gebietes Buschfeld steigt aber
die Relevanz des Kaltluftpotenzials. Würden beide Planflächen, Buschfeld und Keusen-
senhof, bebaut, verringert sich das Kaltluftbildungspotenzial des südlichen Ittertals um 15 %.

- auf die Stadt Solingen und Umgebung

Das Areal des potenziellen Gewerbestandortes Keusen-
senhof liegt eingebettet in eine
Freifläche, die im Süden von mehreren Gewerbegebieten (Gewerbegebiet Hildener/
Hamburger Straße, Gewerbegebiet Heiligenstock und Industriegebiet Monhofer Feld) mit
zwischenengelagerten Siedlungsgebieten gesäumt ist. Nördlich fällt das Gelände ab ins Ittertal,
westlich in das Tal des Lochbachs.

Der potentielle Kaltluftabfluss auf der Planfläche Keusen-
senhof wird in südwestlicher Richtung
aufgrund des Einschnitts des Lochbachtals nach Nordwesten abgelenkt und hat damit kei-
nen Einfluss auf Flächen der Gewerbegebiete Hilden Ost und Hildener/ Hamburger Straße.
Das Gewerbegebiet Monhofer Feld und die vorgelagerten Siedlungsgebiete liegen entge-
gengesetzt der Kaltluftfließrichtung außerhalb des Einflussbereiches und werden somit nicht
angeströmt. Die jenseits der an die Planfläche südlich angrenzenden Bahnlinie gelegenen
Siedlungsgebiete von Ohligs sowie das Gewerbegebiet Heiligenstock liegen aufgrund der
Orographie außerhalb des Kaltluftgebietes und werden durch die Kaltluftproduktion nicht
tangiert. Die im Klimaschutzteilkonzept „Anpassung an den Klimawandel für die Städte So-
lingen und Remscheid“ (ISB 2012, S. 22) angenommene Beeinträchtigung von Ohligs wäh-
rend sommerlicher Hitzeperioden durch eine Bebauung des Gebietes Keusen-
senhof bewahrheitet sich bei genauerer Betrachtung nicht. Nicht nur aufgrund des geringen Kaltluftvolumens
sondern ursächlich durch die übergeordnete Fließrichtung der Kaltluftströmung und der

Randlage am südlichen Ende des zusammenhängenden Kaltluftgebietes des Ittertals ist ein Einfluss auf die Siedlungsgebiete im und um das Ittertal kaum vorhanden.

In Strahlungs Nächten weist die Planfläche eine Kaltluftproduktion auf, die aber durch die Lage am Ausgang des Ittertals im Verhältnis zum gesamten Ittertal bedeutungslos ist. Für die Belüftung der angrenzenden bebauten Stadteile von Solingen, insbesondere Ohligs ist die Fläche Keusenhof aufgrund fehlender Tal- oder Ventilationsbahnanbindung irrelevant.

5.4.3 Maßnahmenkatalog mit Anpassungsvorschlägen für Keusenhof

Aufgrund der kaum ausgeprägten lokalen thermischen Auswirkungen und des nicht relevanten Einflusses auf das Ittertal besitzt das Bauvorhaben in Hinsicht einer veränderten Klimafunktion keine Planungsrelevanz. Die Lage unterhalb der Sperrschicht bei Inversionswetterlagen macht aber eine Beachtung lufthygienischer Aspekte notwendig.

- Eine Durchgrünung des geplanten Gewerbegebietes und Reduzierung der Versiegelung auf ein absolut notwendiges Minimum kann negativen klimatischen Auswirkungen wie Überwärmung und Oberflächenabfluss von Starkregen entgegenwirken.
- Aufgrund von Inversionsgefahr bei austauscharmen Wetterlagen sollten bodennahe Schadstoffemissionen vermieden werden.

Aus klimatischer Sicht gibt es hinsichtlich des vorliegenden städtebaulichen Grobkonzeptes für die Fläche Keusenhof keine Anmerkungen.

5.5 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Hinsichtlich der Beachtung von Klimabelangen sollen bei der konkreten Ausgestaltung der gewerblichen Ansiedlungen auf den potenziellen Gewerbeflächen klimatische Anpassungsmaßnahmen in die Überlegungen einfließen. Eine sehr effektive Möglichkeit ist der Vergleich zwischen dem Ist-Zustand auf der Fläche und verschiedenen Planvarianten. Hierzu ist der Einsatz eines mikroskaligen Klimamodells erforderlich. So können verschiedene Gebäudegeometrien, Versiegelungs- und Begrünungsvarianten in ihren Auswirkungen auf das lokale Klima betrachtet werden. Dichte Vegetation kann beispielsweise Überwärmungen abmildern, an falscher Stelle angepflanzt aber auch die Durchlüftung behindern und somit Überwärmung begünstigen.

Um einen Vergleich zwischen Ist-Zustand und Planvariante(n) zu ermöglichen, wird das Modell **ENVI-met** (Bruse 1999) eingesetzt (ENVI-met Website: www.envi-met.com). ENVI-met ist ein dreidimensionales prognostisches numerisches Strömungs-Energiebilanzmodell. Die physikalischen Grundlagen basieren auf den Gesetzen der Strömungsmechanik, der Thermodynamik und der Atmosphärenphysik. Das Modell dient zur Simulation der Wind-, Temperatur- und Feuchteverteilung in städtischen Strukturen. Es erfasst urbane Strukturen als Ge-

samtsystem und beschreibt dynamische klimatologische Vorgänge. Mit diesem mikroskali- gen Modell werden die Wechselwirkungen zwischen Oberflächen, Pflanzen und der Atmo- sphäre in einer städtischen Umgebung simuliert. Es werden Parameter wie Gebäudeoberflä- chen, Bodenversiegelungsgrad, Bodeneigenschaften, Vegetation und Sonneneinstrahlung einbezogen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten sowie die unterschiedli- chen physikalischen Eigenschaften der Materialien (spezifische Wärme, Reflexionseigen- schaften, ...) entwickeln sich im Laufe eines simulierten Tages unterschiedliche Oberflächen- temperaturen, die ihrerseits in Abhängigkeit vom Windfeld ihre Wärme mehr oder minder stark an die Luft abgeben. Die mögliche räumliche Auflösung des Modells liegt zwischen 0,5 bis 10 m je nach Größe der Gesamtfläche und zeitlich bei einer Genauigkeit von bis zu 10 sec. Simuliert wird jeweils ein kompletter Tagesgang.

Es wird empfohlen, für jedes Plangebiet, soweit sich unterschiedliche Varianten für eine rea- listische Entwicklung des Gewerbegebietes anbieten, verschiedene Bebauungsvarianten mit konkreten Anpassungsmaßnahmen entsprechend der Empfehlungen in den Kapiteln 5.1.3, 5.2.3, 5.3.3 und 5.4.3 zu erstellen und durch mikroskalige Modellierungen zu optimieren.

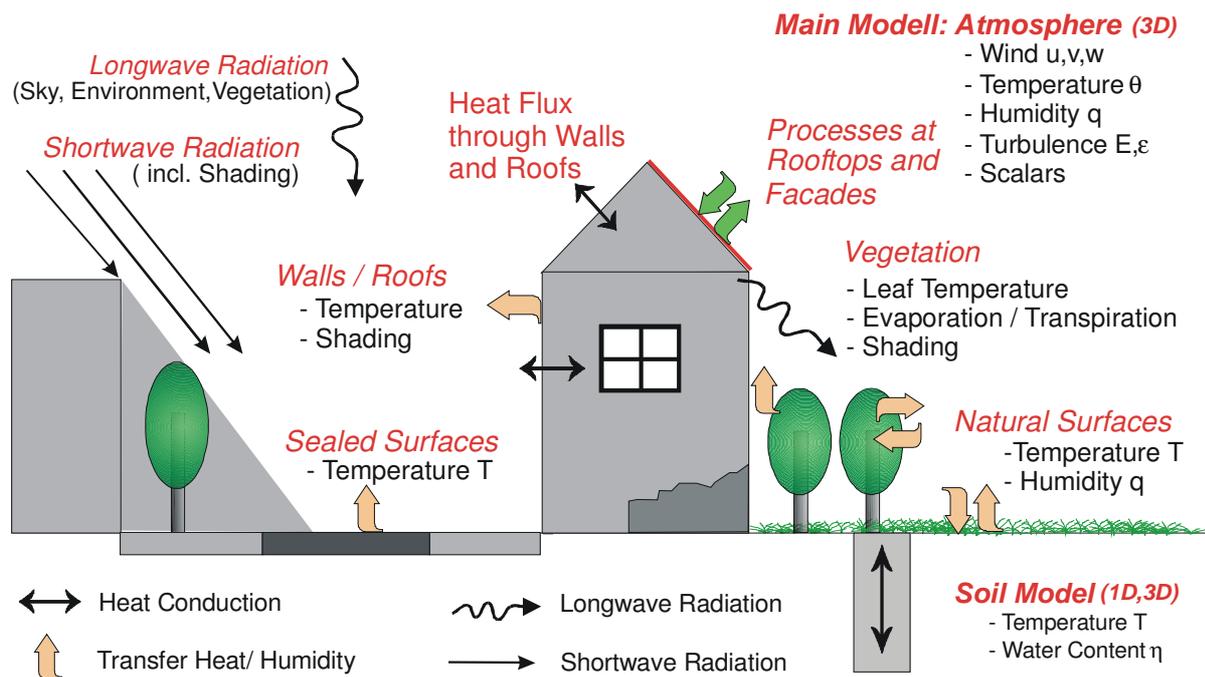


Abb. 35 Im ENVI-met Modell berücksichtigte Wechselwirkungen

6. Zusammenfassung

Ausgehend von vorhandenen Untersuchungen wurde die klimatische Situation des Ittertals im Hinblick auf ihre Bedeutung für das Stadtgebiet von Solingen und angrenzende Siedlungsräume analysiert. Der Planungsraum Ittertal ist sowohl in der Stadtklimaanalyse Solingen (Kuttler et al. 1993) wie auch in der Klimaanalyse Wuppertal (Stadt Wuppertal 2000) überwiegend als Freiland mit positiven Klimaeigenschaften ausgewiesen. Nur in den Randbereichen der Hang-, Kamm- und Kuppenlagen treten locker bis geschlossen bebaute Stadtbereiche auf. Der Talraum ist durch eine hohe nächtliche Kaltluftproduktion geprägt. Gute Luftaustauschbedingungen bei nur geringer Überwärmung tagsüber machen die Kamm- und Hanglagen des Ittertals überwiegend zu einem lokalklimatischen Gunstraum. Die Frei- und Waldflächen im Ittertal können aufgrund ihrer klimatischen Eigenschaften als Ausgleichsräume bezeichnet werden. Diese Funktion ist allerdings nur dann von nicht nur lokaler Relevanz, wenn eine Anbindung an Lasträume besteht. Die Wirkgebiete für die Ausgleichsfunktion des Ittertals sind abhängig von der übergeordneten Wetterlage. Bei austauschstarke Wetter (allochthone Wetterlagen) herrschen vorwiegend westliche bis südöstliche Windrichtungen vor. Die Wirkgebiete des Ittertals liegen in diesem Fall in nördlichen Richtungen auf Wuppertaler Stadtgebiet, das Stadtgebiet von Solingen wäre also kaum betroffen. Zusätzlich besteht bei diesen Wetterlagen kaum die Gefahr einer Überhitzung. Bei windschwachen Wetterlagen dominieren talabwärts fließende Kaltluftströmungen im Ittertal. Diese bewegen sich entsprechend dem Talverlauf nach Südwesten und haben keinen Einfluss auf die hangaufwärts gelegenen Lasträume der dichter bebauten Stadtteile von Solingen. Luftleitbahnen Richtung Innenstadt oder Ohligs existieren aufgrund der Höhenunterschiede nicht.

Diese klimatische Einschätzung des Gesamttraumes Ittertal entspricht den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen, insbesondere aus der Stadtklimaanalyse Solingen (Kuttler et al. 1993) sowie aus dem Klimaschutzteilkonzept „Anpassung an den Klimawandel“ (ISB 2013). Eine Beurteilung der klimatischen Relevanz der 4 potenziellen Gewerbestandorte im Ittertal muss über diese allgemeinen klimatischen Aussagen hinausgehen. Deshalb wurden detaillierte Berechnungen zur Kaltluft und Geländeklimamessungen vor Ort durchgeführt.

Für die Bewertung der Untersuchungsgebiete werden die Bereiche des nördlichen sowie des südlichen Kaltluftgebietes des Ittertals naturräumlich im Bereich des Kreisverkehrs an der Ittertalsstraße und Haaner Straße getrennt. Die naturräumliche Enge und der abknickende Verlauf des Tals sowie vorhandene Bebauung verhindern eine signifikante Luftzirkulation für den Austausch der Kaltluft in der vorherrschenden Fließrichtung. Somit erhalten die südlich gelegenen Plangebiete wenig Zustrom an Kaltluft aus dem Bereich Ittertals-Nord. Eine kumulierte Betrachtung der Kaltluftrelevanz der beiden nördlichen Standorte Piepersberg-West und Fürkeltrath II zusammen mit den beiden südlichen Standorten Buschfeld und Keusenhof ist somit nicht notwendig, der Nordteil und der Südteil des Untersuchungsraums Ittertals können unabhängig voneinander betrachtet werden.

Durch Bebauung und Versiegelung wird sich das lokale Klima auf den zu untersuchenden Flächen selbst deutlich verändern. Das Freilandklima mit der Möglichkeit, Kaltluft zu produzieren, würde zu einem Klima der Gewerbegebiete. Im Sommer kann die in den Baumateria-

lien tagsüber gespeicherte Sonnenenergie zu einer nächtlichen Überwärmung führen. Eine Abgrenzung zu bestehenden Gewerbe- oder Wohngebieten durch einen Grünpuffer ist jeweils notwendig.

Die Auswirkungen auf das Ittertal sind je nach Lage unterschiedlich. Die Planfläche Piepersberg-West liegt am Rand der übergeordneten Kaltluftströmung und zerteilt oder blockiert diese bei Wegfall der Kaltluftproduktion durch Bebauung nicht. Eine Verringerung der Kaltluftfläche in diesem Bereich durch die Bebauung von Piepersberg-West könnte aber die Ausprägung einer Kaltluftschicht mit ausreichender Mächtigkeit verhindern, die nötig ist, um das Strömungshindernisse am Roggenkamp zu überwinden. Allerdings ist Fürkeltrath, das Wirkgebiet der aus dem Bereich Piepersberg abfließenden Kaltluft, kein Lasträum mit einer zu erwartenden Überwärmung selbst unter den Annahmen des Klimawandels.

Die Planfläche Fürkeltrath II ist weitgehend von Freiflächen umgeben. Potenzielle Wirkgebiete dieser Fläche in der näheren Umgebung sind die Kleinsiedlungsgebiete Gütchen und Holz. Diese weisen jedoch aufgrund ihrer geringen Siedlungsdichte keine Überwärmungsproblematik auf.

Der Standort Buschfeld stellt eine große, zusammenhängende Freilandfläche dar, die sich im Fall einer Bebauung zu einer großen lokalen Wärmeinsel wandeln könnte. Ein Wegfall der Fläche des Plangebietes Buschfeld als Kaltluftproduzent reduziert die Ausdehnung des Kaltluftgebietes des südlichen Teilbereiches des Ittertals in der Breite. Die dadurch entstehende Verkleinerung der Kaltluftfläche hat einen Einfluss auf die Gesamtmenge der produzierten Kaltluft und auf die Fließgeschwindigkeit. Die im weiteren Verlauf des Ittertals akkumulierte Kaltluft wird auf Höhe der Kreuzung der westlich gelegene Bahnstrecke und des Itterbachs durch den Bahndamm weitgehend aufgehalten. Durch diese Barriere wird bereits im Ist-Zustand der Kaltluftstrom blockiert, so dass durch den Wegfall des Kaltluftvolumens der Planfläche Buschfeld bei einer Bebauung keine oder nur eine geringe Veränderung auf den Flächen westlich der Bahntrasse zu erwarten ist.

Die potenziellen Wirkgebiete der auf der Planfläche Keusenhof gebildeten Kaltluft liegen in Richtung der Kaltluftsenke des Lochbachs zum südlichen Ende des übergeordneten Kaltluftgebietes des Ittertals. Das geringe Kaltluftvolumen der Fläche und die in Bezug auf das bebauten Stadtgebiet von Solingen entgegengesetzte Strömungsrichtung resultieren in einer sehr geringen Relevanz dieser Teilfläche für das Kaltluftpotenzial des Ittertals.

Eine klimatische Beeinflussung der weiter entfernten bebauten Gebiete von Solingen durch Verbindungen über Luftleitbahnen ist aufgrund der orographischen Situation und der bei Strahlungswetterlagen vorherrschenden Windrichtung aus östlichen Richtungen (übergeordnet) und in südwestliche Richtung (Kaltluftfluss) nicht möglich. Eine kleine Ausnahme stellt die Fläche Buschfeld dar. Bedingt durch die Kuppenlage kann der Teil der Fläche, der ein leichtes Gefälle nach Osten aufweist, für die Kühlung im Siedlungsbereich zwischen der Haaner Straße und Altenhofer Straße wirksam werden.

7. Literaturverzeichnis

Berliner Wetterkarte (2014): Berliner Wetterkarte vom 04.09..2014

Berliner Wetterkarte (2014): Berliner Wetterkarte vom 05.09..2014

BKR Aachen (2013): Ökologische Bewertung des Ittertals in der Stadt Solingen. Darstellung der Empfindlichkeit gegenüber einer Flächeninanspruchnahme für Siedlungszwecke (Raumwiderstandsanalyse).

ISB (2012): Erstellung eines Klimaschutz-Teilkonzeptes „Anpassung an den Klimawandel für die Städte Solingen und Remscheid“. Vorgezogener Zwischenbericht zum AP 5 „Regionalplanbedeutsame Aspekte“

ISB (2013): Klimaschutzteilkonzept „Anpassung an den Klimawandel für die Städte Solingen und Remscheid“

Kuttler et al. (1993): Stadtklimaanalyse Solingen.

Stadt Wuppertal (2000): Handlungskonzept Klima und Lufthygiene für die Stadt Wuppertal.

Wiesner, K. P. (1986): Programme zur Erfassung von Landschaftsdaten, eine Bodenerosionsgleichung und ein Modell der Kaltluftentstehung. Heidelberger Geographische Arbeiten, 79. Heidelberg.