



# Werkzeuge für Klima- und Ausbreitungsberechnungen

Stand der Technik und Ausblick

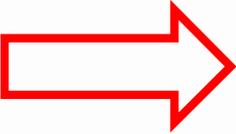
Dr. rer. nat. Rowell Hagemann

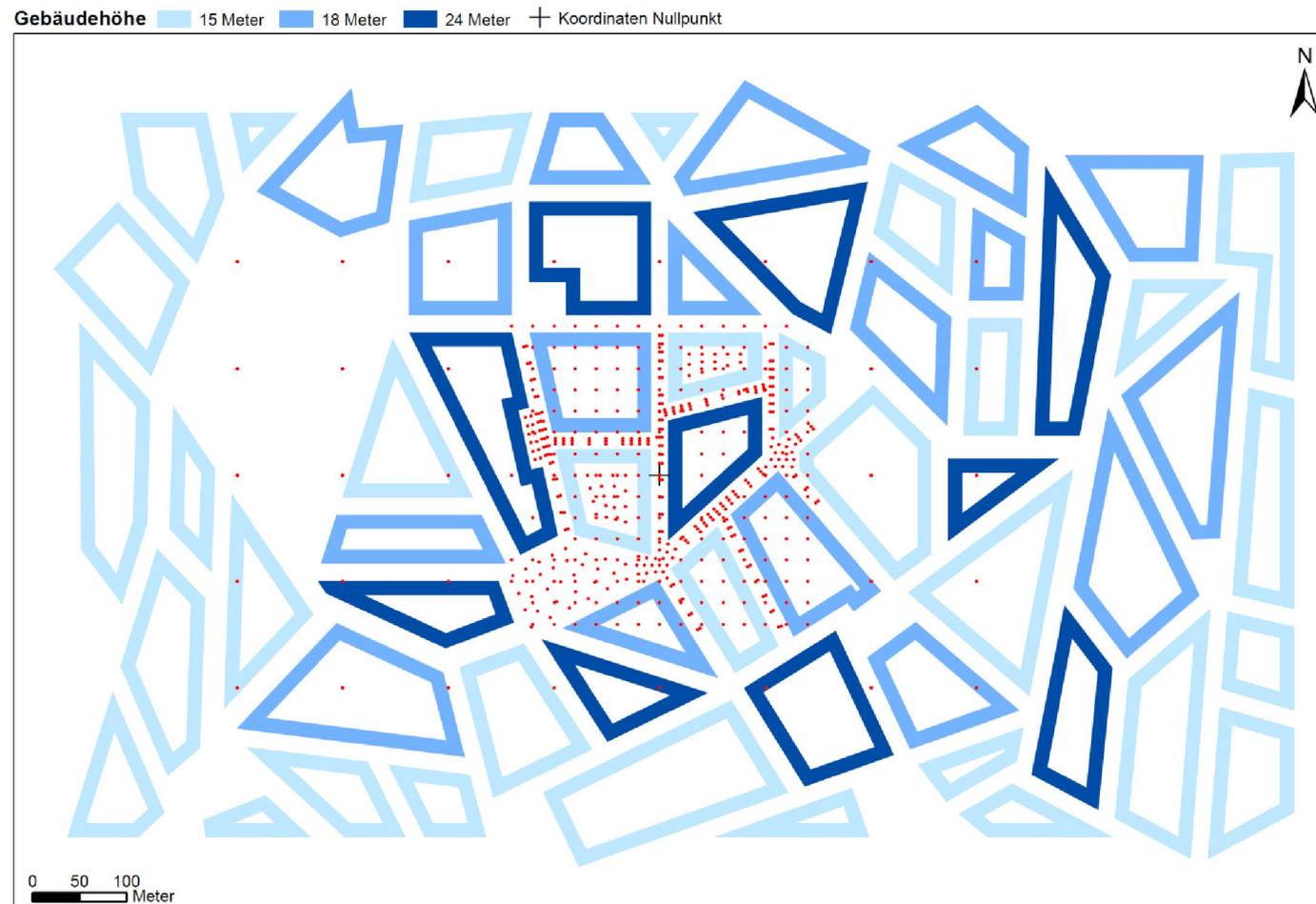
- Strömungs- / Windfeldberechnung
  - Mesoskala: VDI 3783 Blatt 7 (2017)  
„Prognostische mesoskalige Windfeldmodelle“
  - Mikroskala: VDI 3783 Blatt 9 (2017)  
„Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle“
  
- Anwendung
  - Prognose von Immissionen mittels etablierter Modelle (LASAT, MISKAM)
    - unter Berücksichtigung von Gebäuden
    - bei „steilen Gelände“ (VDI 3783 Blatt 16, 2020)
  - (Lokal-)Klima (Durchlüftung, Wärmebelastung, etc.)
  - „Windkomfort“ (VDI 3787 Blatt 4, 2020)

- **Prognostische mesoskalige Modelle: VDI 3783 Blatt 7**
  - FITNAH (Groß)
  - METRAS (Schlünzen)
  - GRAMM (Öttl)
  - PALM-4U (Uni. Hannover)
  - PROWIMO (Flassak)
  
- **Prognostische mikroskalige Modelle: VDI 3783 Blatt 9**
  - Ohne Thermodynamik (Impuls- und Massenerhaltung)
    - MISKAM (Eichhorn, 1989 - )
    - GRAL (Öttl, 1999 - )
  - Mit Thermodynamik (zusätzl. Lösung d. Energie-Erhaltungsgleichung)
    - MITRAS (Uni Hamburg et al.)
    - MUKLIMO\_3 (Sievers, 1995 - )
    - ASMUS (Groß, 1994 - )
    - ENVIMET (Bruse, 1997 - )
    - PALM-4U (Uni Hannover, 2001 -)

# 1. Beispiel: Anwendung von MISKAM

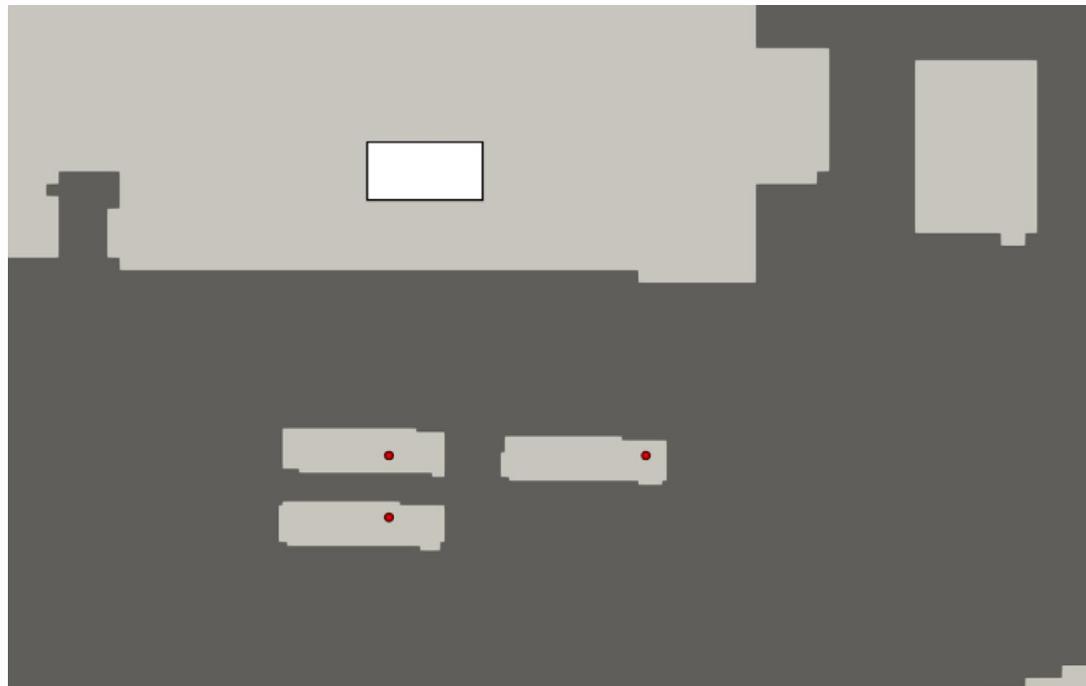
- Testfall c5 (Michelstadt-Fall) der VDI 3783 Blatt 9 (2017)
- Windkanal-Untersuchung Universität Hamburg
- 1838 Datenpunkte
- Modellgebietsgröße: 1500 m x 900 m oder größer

  
Anströmungs-  
richtung



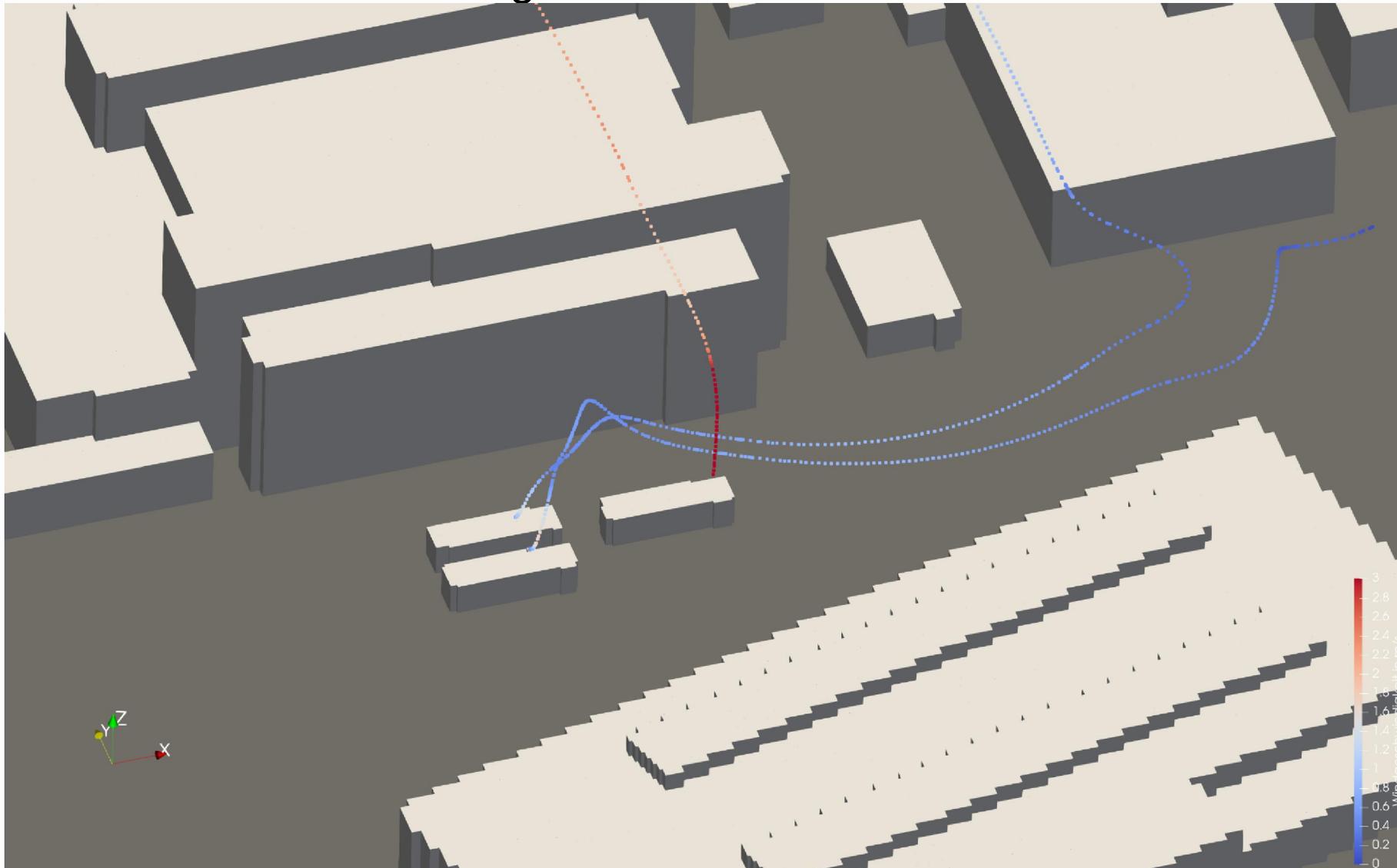
- Testfall c5 (Michelstadt-Fall) der VDI 3783 Blatt 9 (2017)
  - 832 x 500 x 22 Gitterpunkte (rechentechnisch „großer“ Fall)
  - Rechenzeit: 13h
  - Speicherbedarf: 3.5 GB
  - Trefferquote nach VDI 3783 Blatt 9 (2017) wird erfüllt.
  
- Aufwand für Windfeldberechnung (36 Windfelder): Was für eine Hardware ist erforderlich für solche Fälle?
  - Bei einem PC mit 36 Kernen benötigt man mindestens 128 GB RAM und hat die Windfelder in 13h vorliegen.
  - Bei einem PC mit 4 Kernen benötigt man mindestens 14 GB RAM und hat die Windfelder in ca. 5 Tagen ( $36/4 \cdot 13h = 117h$ ) vorliegen.

- Quelle mit Austrittsimpuls
  - 633 x 597 x 54 Gitterpunkte (rechentechnisch „großer“ Fall)
  - minimale horizontale Maschenweite: 0.3 m
  - Rechenzeit: ca. 6 d (pro Windrichtung)
- Frage: Werden Abgasemissionen von Notstromaggregaten von der Klimaanlage wieder eingesaugt?



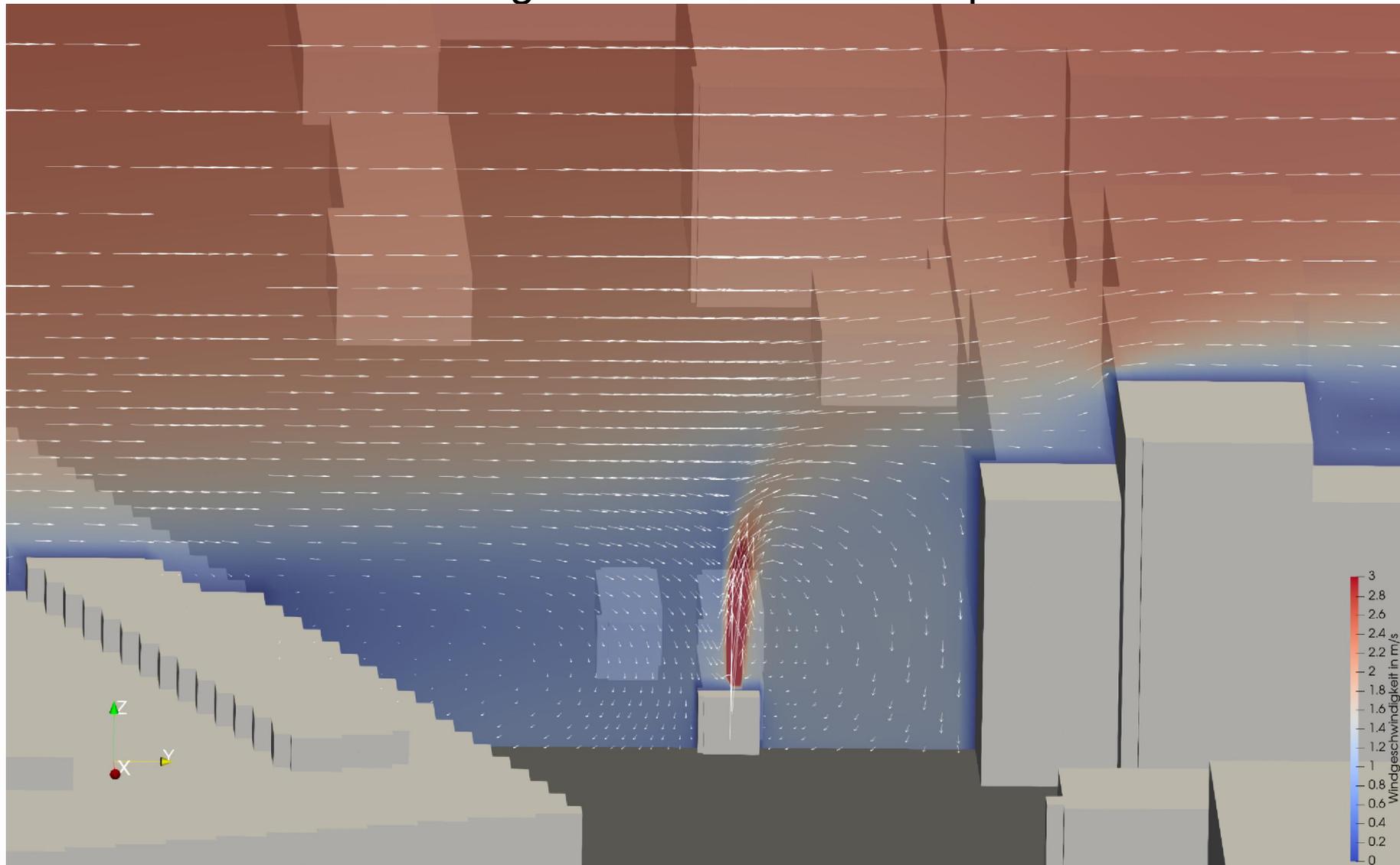
### Trajektorien ohne Kamin des Notstromaggregate

- Bodennahe Ausbreitung

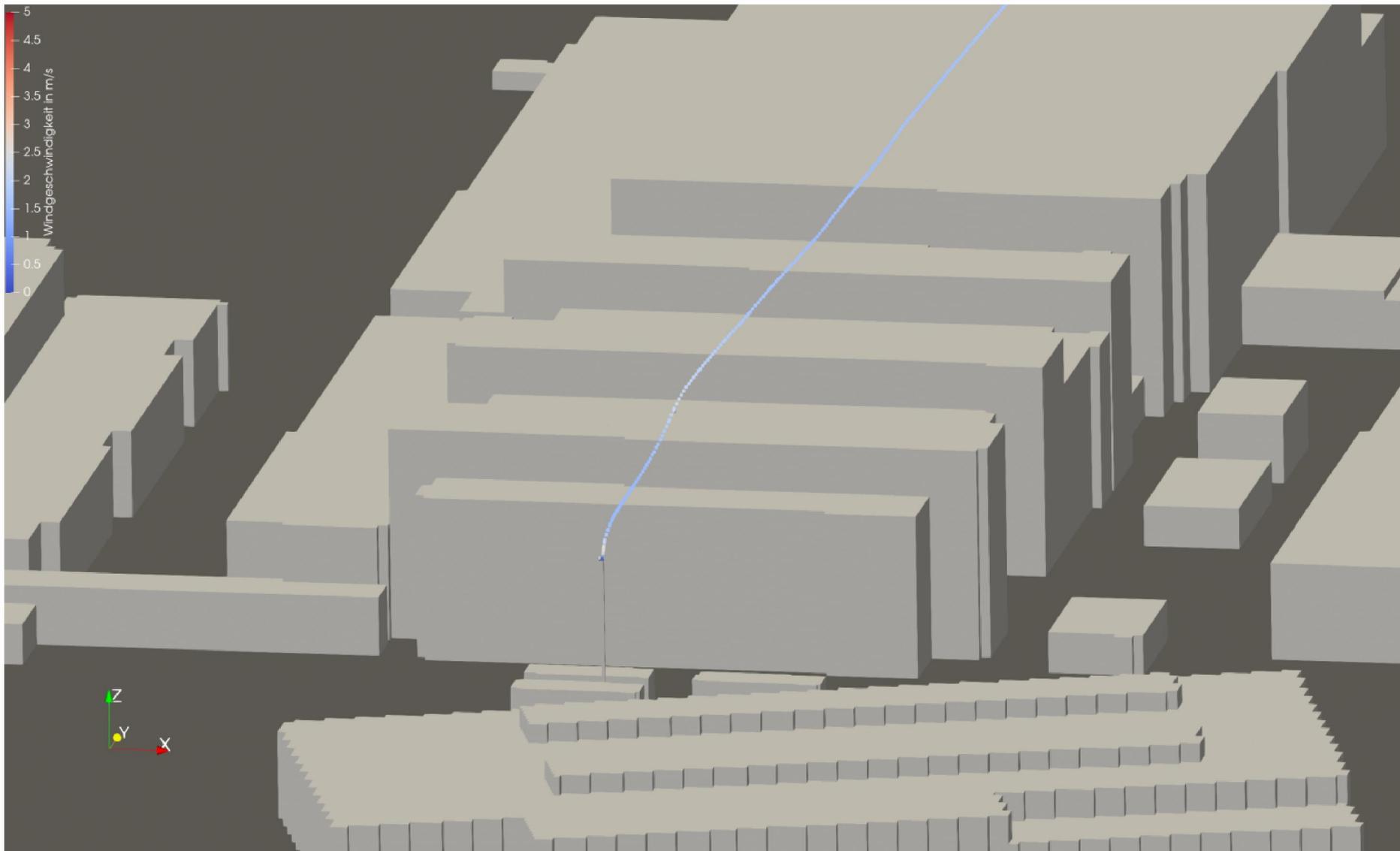


### Trajektorien ohne Kamin des Notstromaggregats

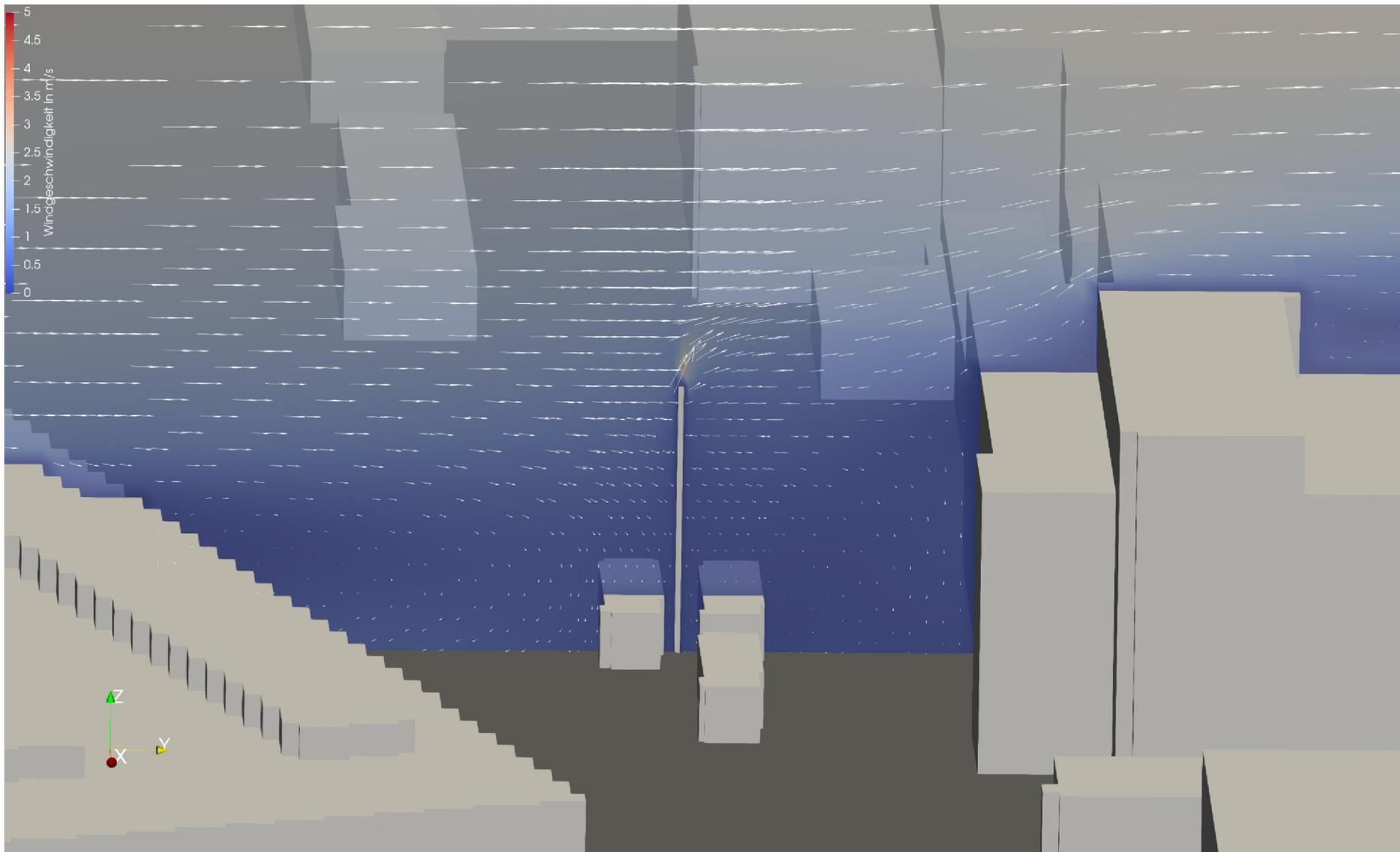
- Bodennahe Ausbreitung mit hohem Austrittsimpuls



- Trajektorien bei Freisetzung aus einem 18 m hohem Kamin

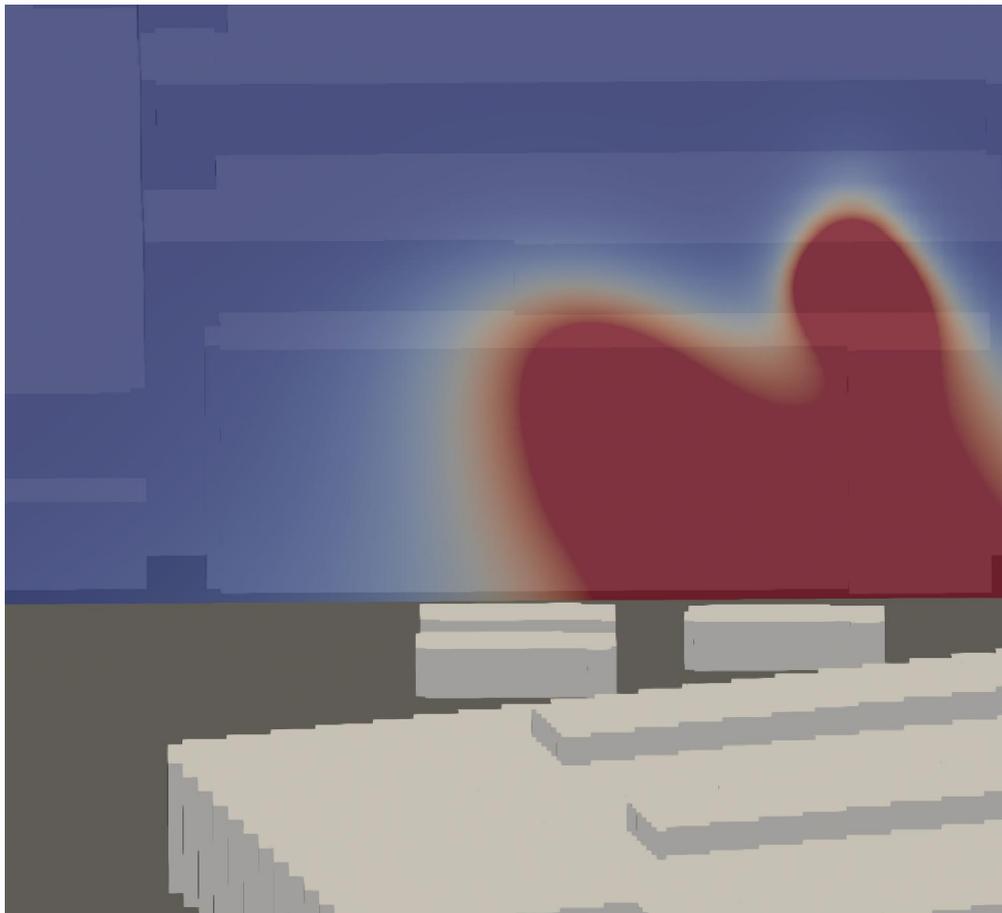


- Trajektorien bei Freisetzung aus einem 18 m hohem Kamin

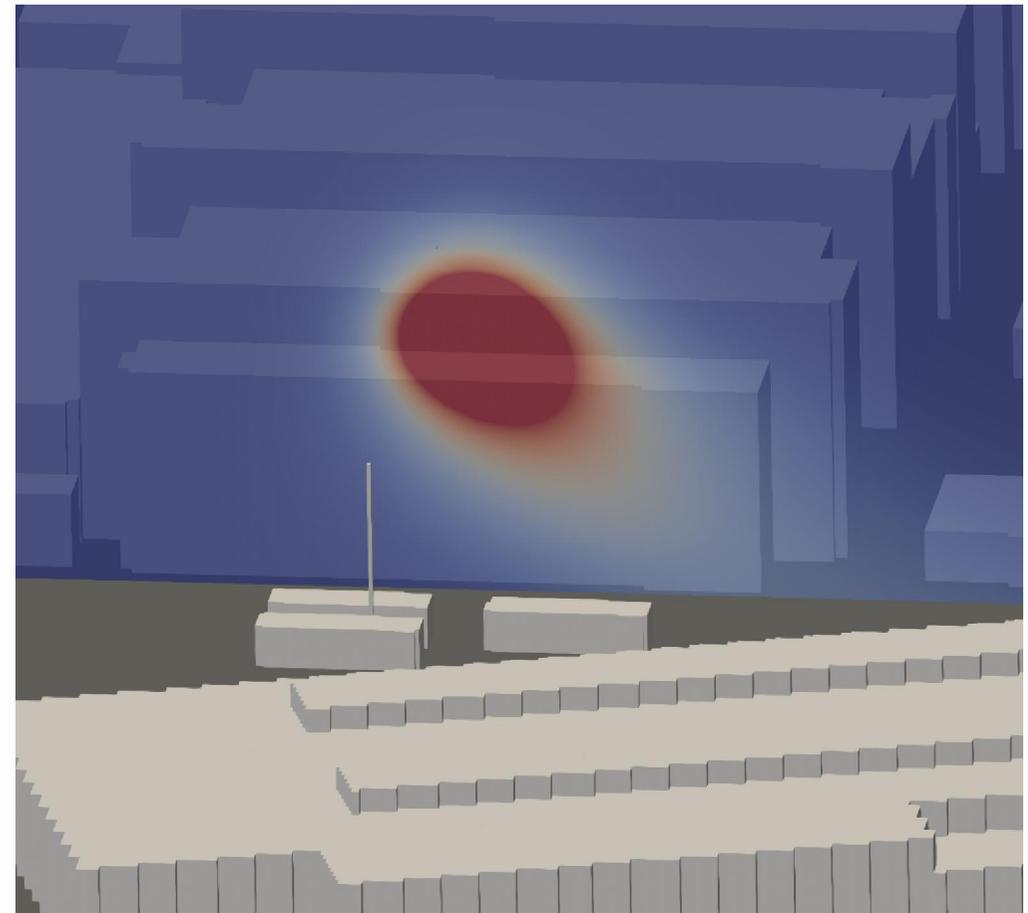


### Konzentrationsverteilung an der Gebäudefassade

bodennah

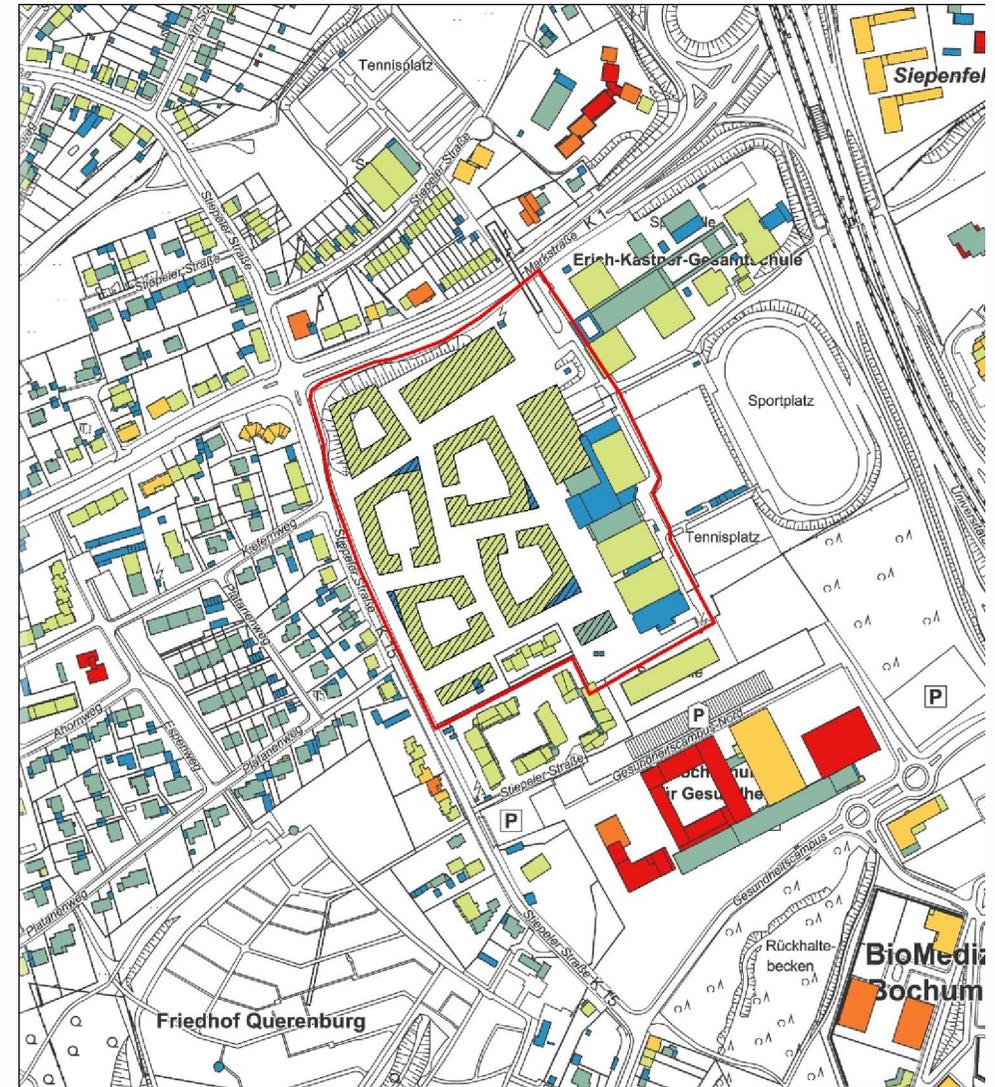
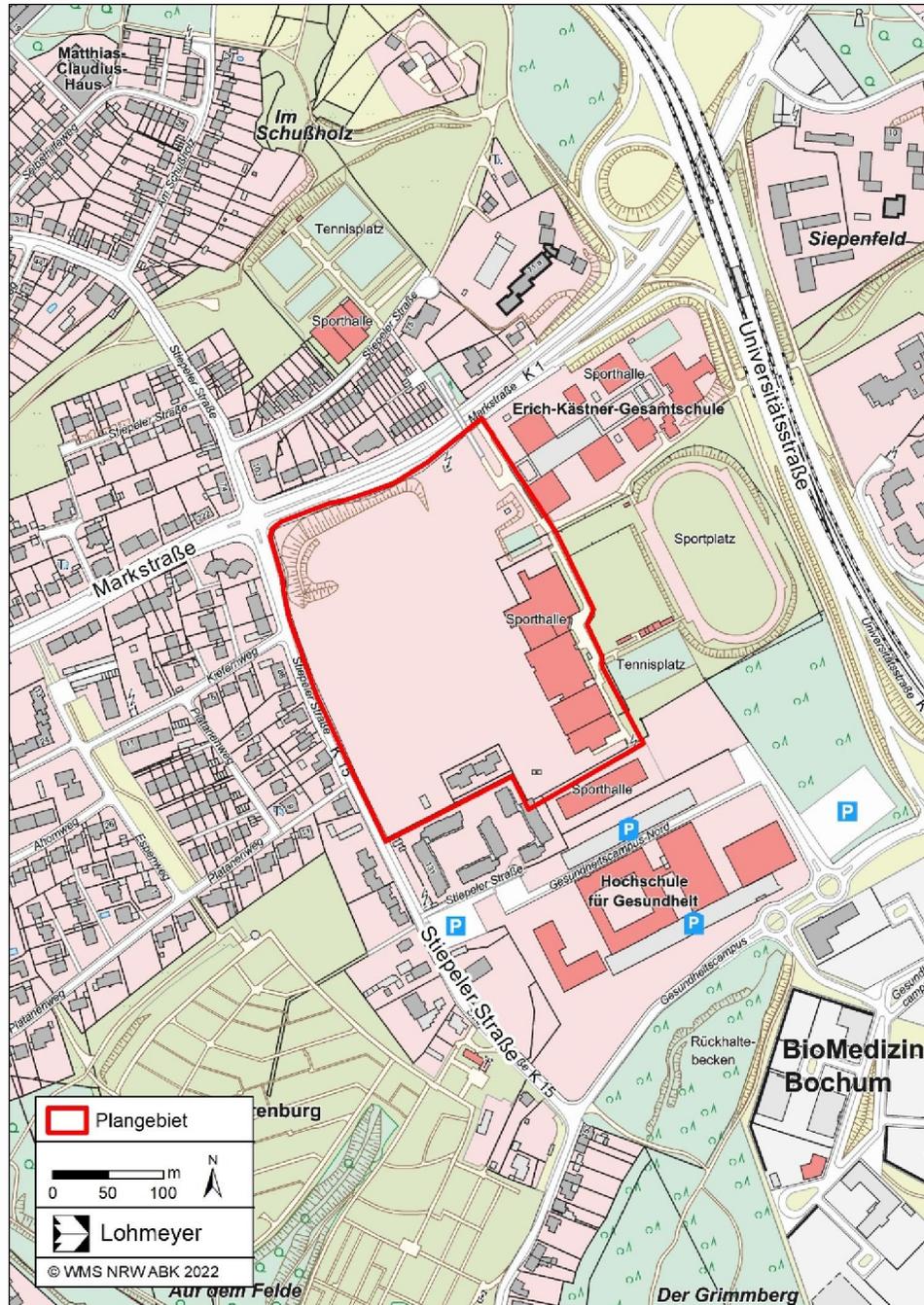


18m Kamin



- Klimasimulation für eine innerstädtische Planung in reliefierter Umgebung
- Projektanforderungen:
  - Gebäudeumströmung
  - bodennahe Windlenkung durch Relief
  - thermisch induzierte Ausgleichsströmung
- Zielgröße: Änderung der Wärmebelastung/Temperatur für einen „Heißen Tag“
- PALM-4U Vorgehen:
  - Nestingverfahren erforderlich, um das gesamte Kaltlufteinzugsgebiet zu erfassen (mittels mesoskaligen Simulationen)
- Aufwand für Klimasimulationen (24h-Tagesgang zzgl. Vorlauf + Mesoskala):
  - mind. 48 Kernen, mind. 144 GB RAM  
Rechenzeit (Betrachtung von Planung + Istzustand): mind. 2 Wochen

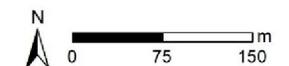
# Lageplan des Plangebietes



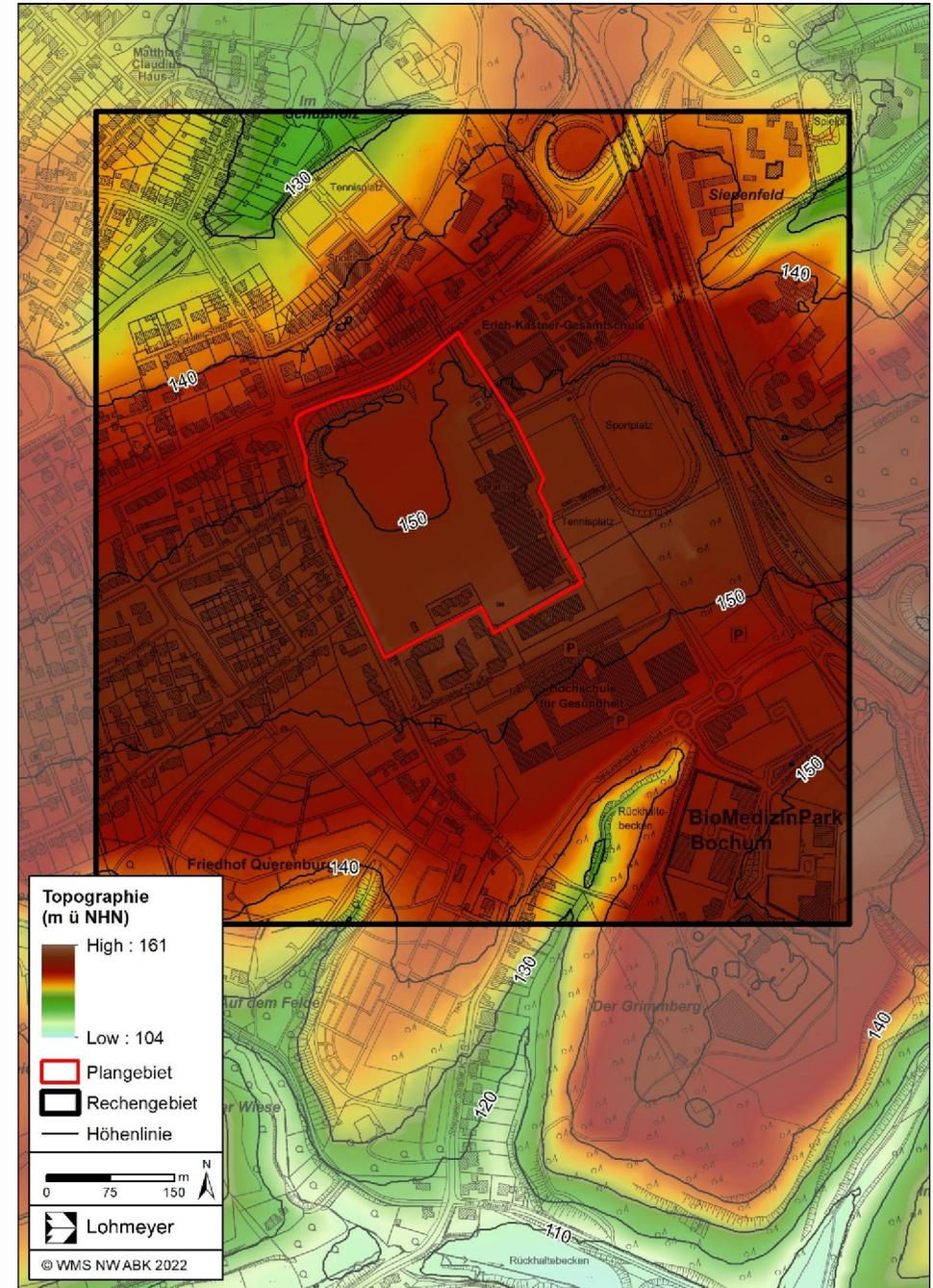
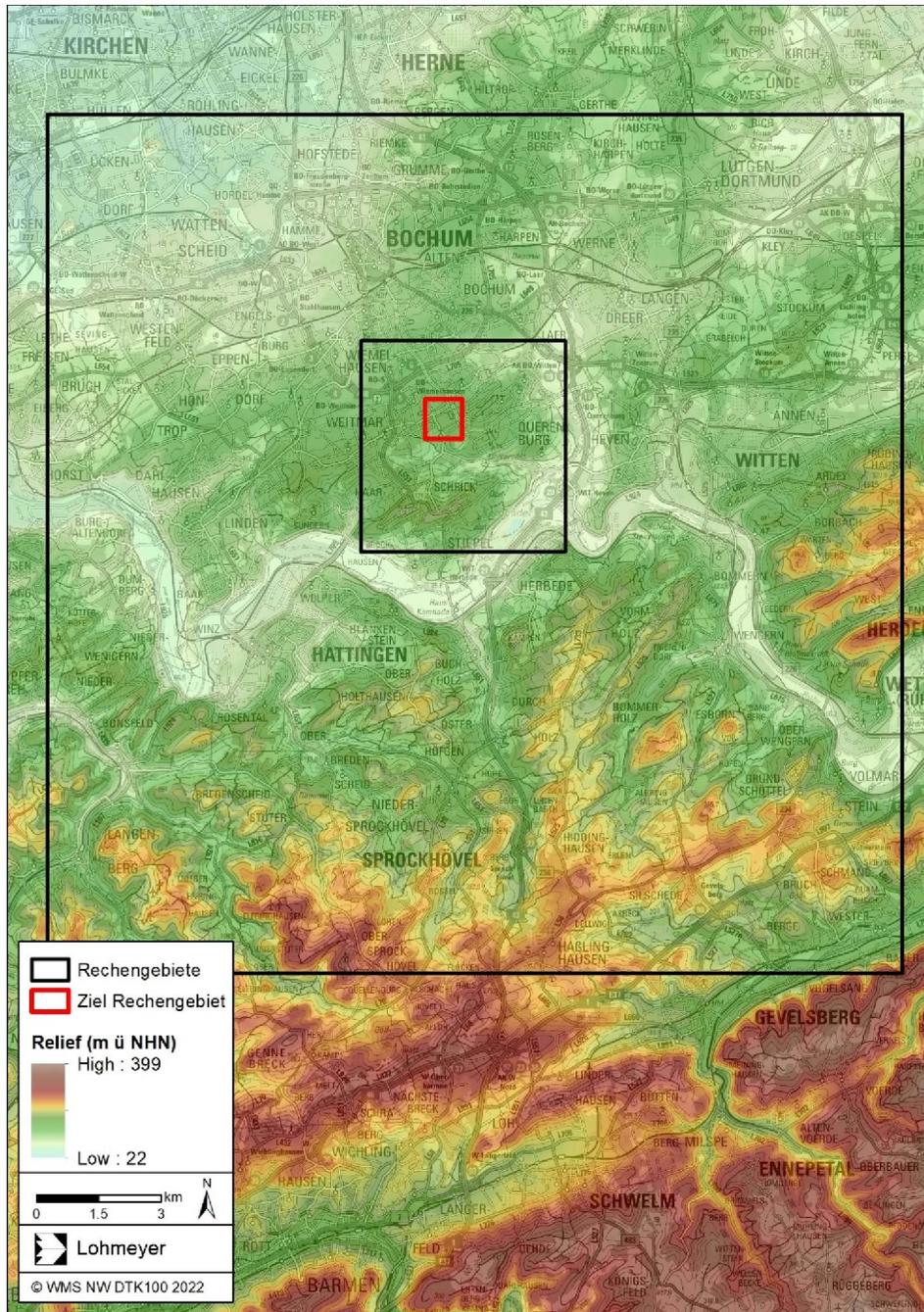
## Gebäudehöhe (m)

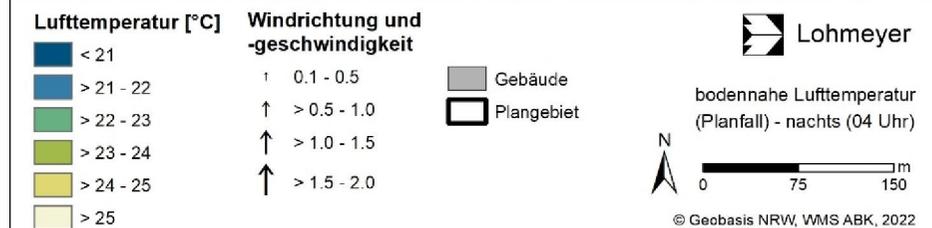
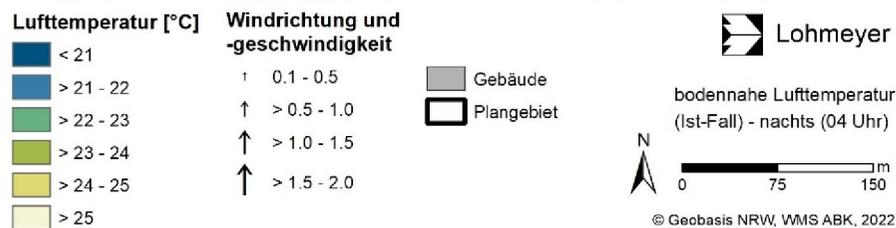
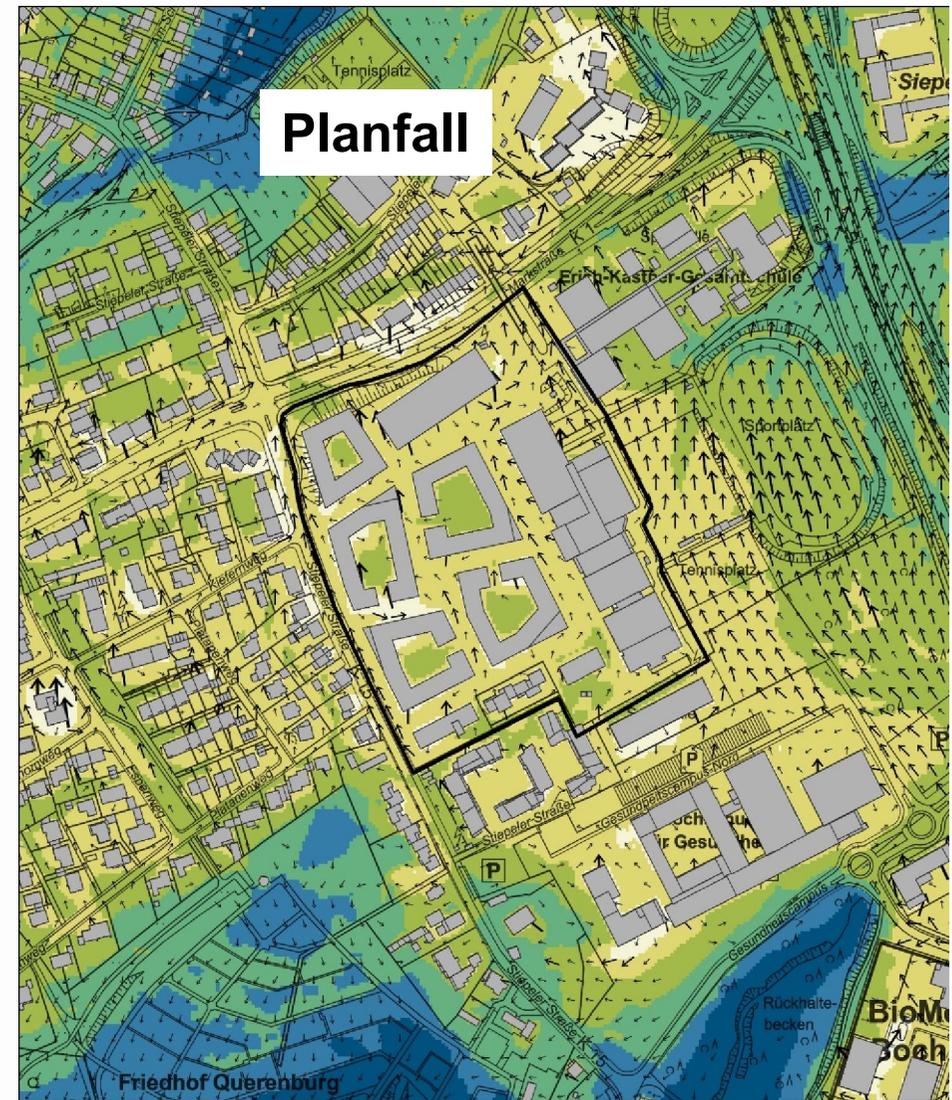
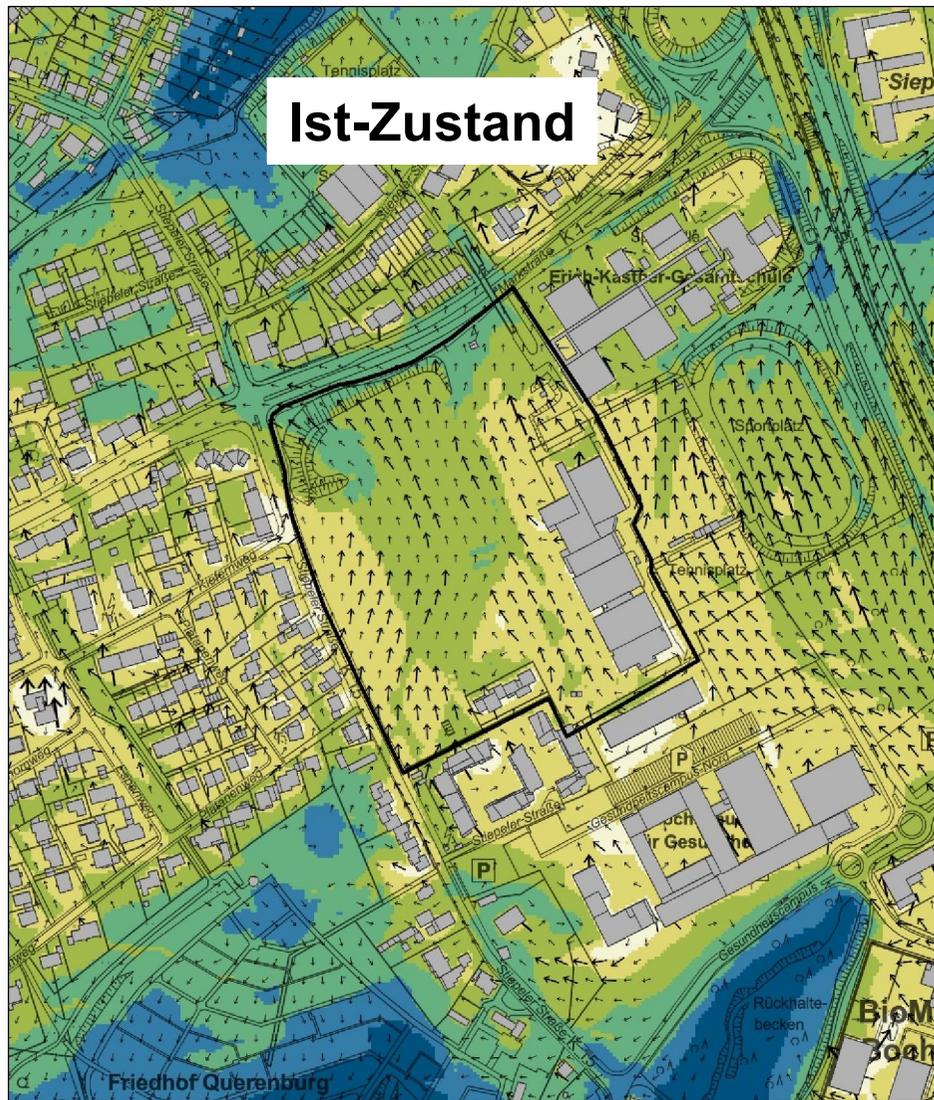
- <= 4.0
- > 4.0 - 8.0
- > 8.0 - 12.0
- > 12.0 - 16.0
- > 16.0 - 20.0
- > 20.0

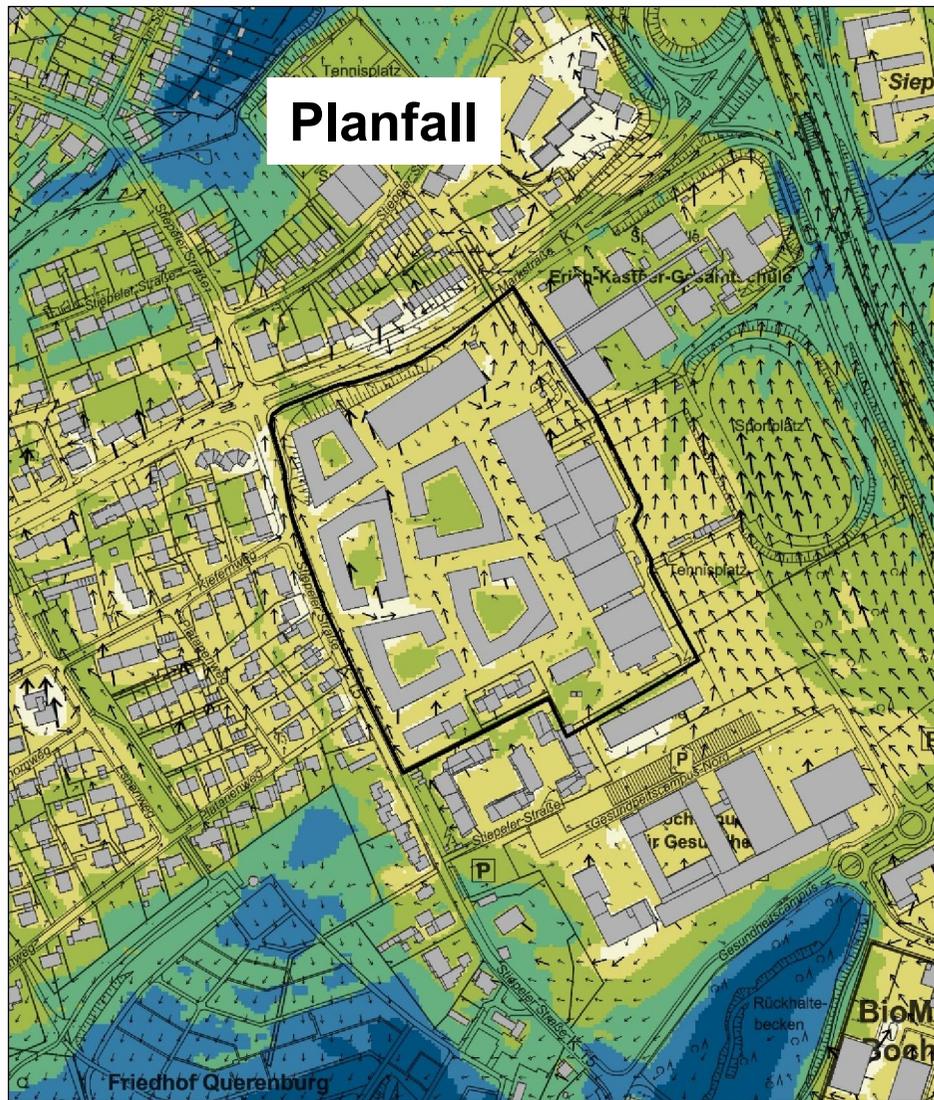
- Plangebäude
- Plangebiet



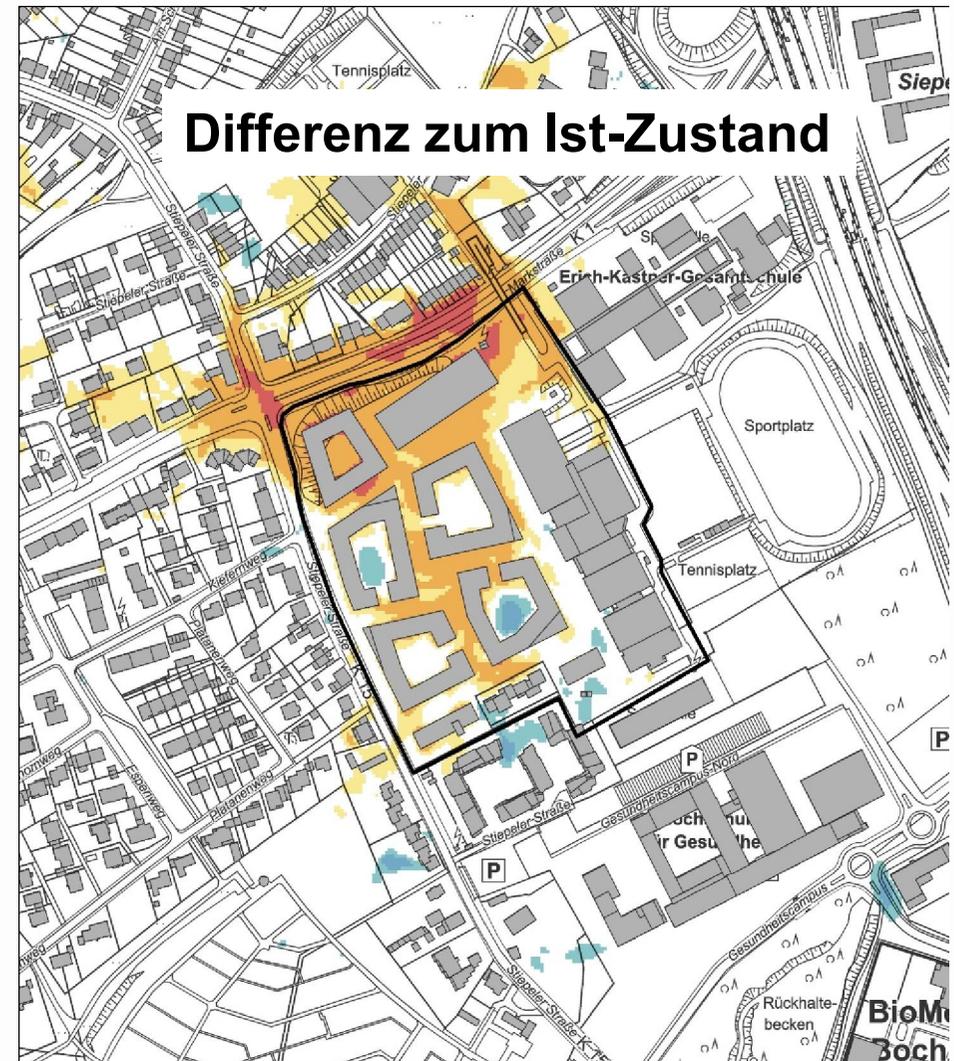
© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022







**Planfall**



**Differenz zum Ist-Zustand**

Lufttemperatur [°C]	
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:darkblue;"></span>	< 21
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:blue;"></span>	> 21 - 22
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightblue;"></span>	> 22 - 23
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightgreen;"></span>	> 23 - 24
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:yellowgreen;"></span>	> 24 - 25
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:yellow;"></span>	> 25

Windrichtung und -geschwindigkeit	
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border:1px solid black; transform:rotate(90deg);"></span>	0.1 - 0.5
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border:1px solid black; transform:rotate(45deg);"></span>	> 0.5 - 1.0
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border:1px solid black; transform:rotate(0deg);"></span>	> 1.0 - 1.5
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border:1px solid black; transform:rotate(-45deg);"></span>	> 1.5 - 2.0

<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:gray;"></span>	Gebäude
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border:1px solid black;"></span>	Plangebiet

**Lohmeyer**

bodennahe Lufttemperatur  
(Planfall) - nachts (04 Uhr)

© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022

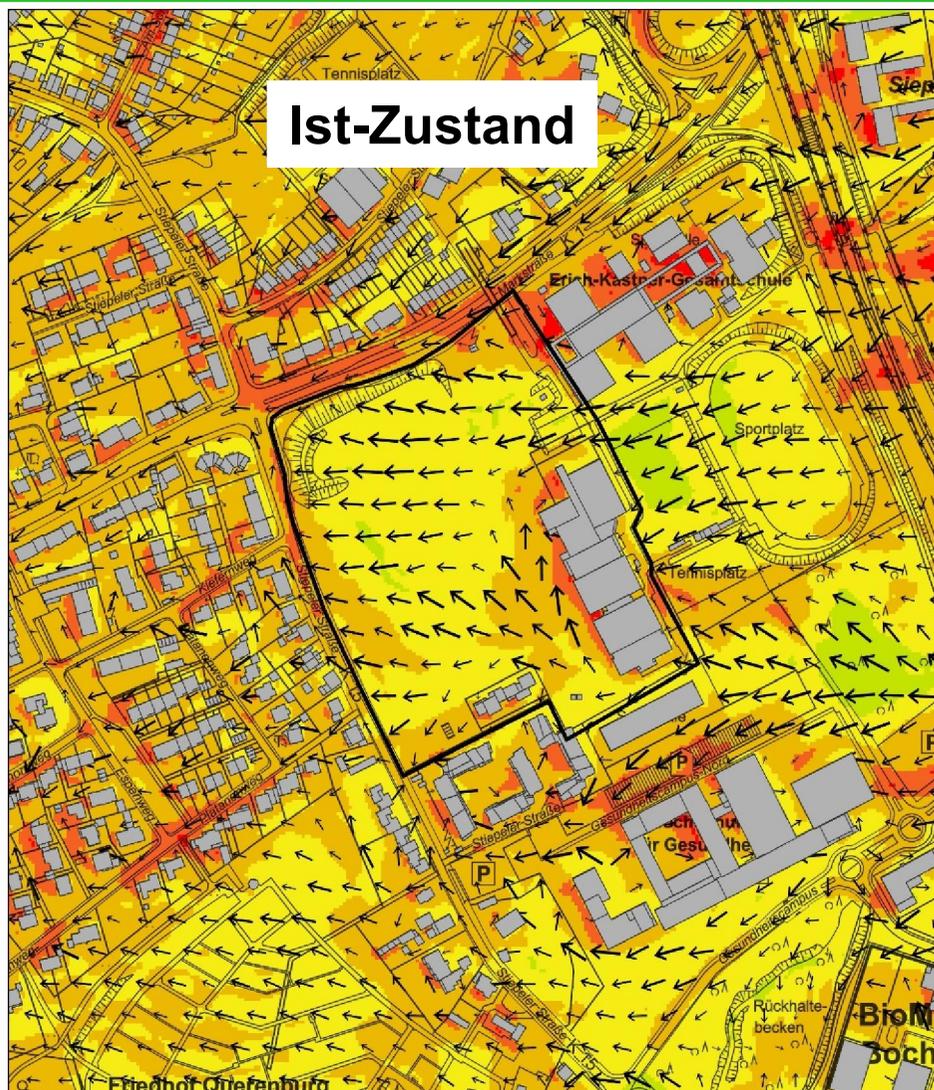
Differenz Lufttemperatur [K]	
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:darkblue;"></span>	< -2.0
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:blue;"></span>	> -2.0 - -1.0
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightblue;"></span>	> -1.0 - -0.5
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:lightgreen;"></span>	> -0.5 - 0.5
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:yellow;"></span>	> 0.5 - 1.0
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:orange;"></span>	> 1.0 - 2.0
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:red;"></span>	> 2.0

<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; border:1px solid black;"></span>	Plangebiet
<span style="display:inline-block; width:10px; height:10px; background-color:gray;"></span>	Gebäude

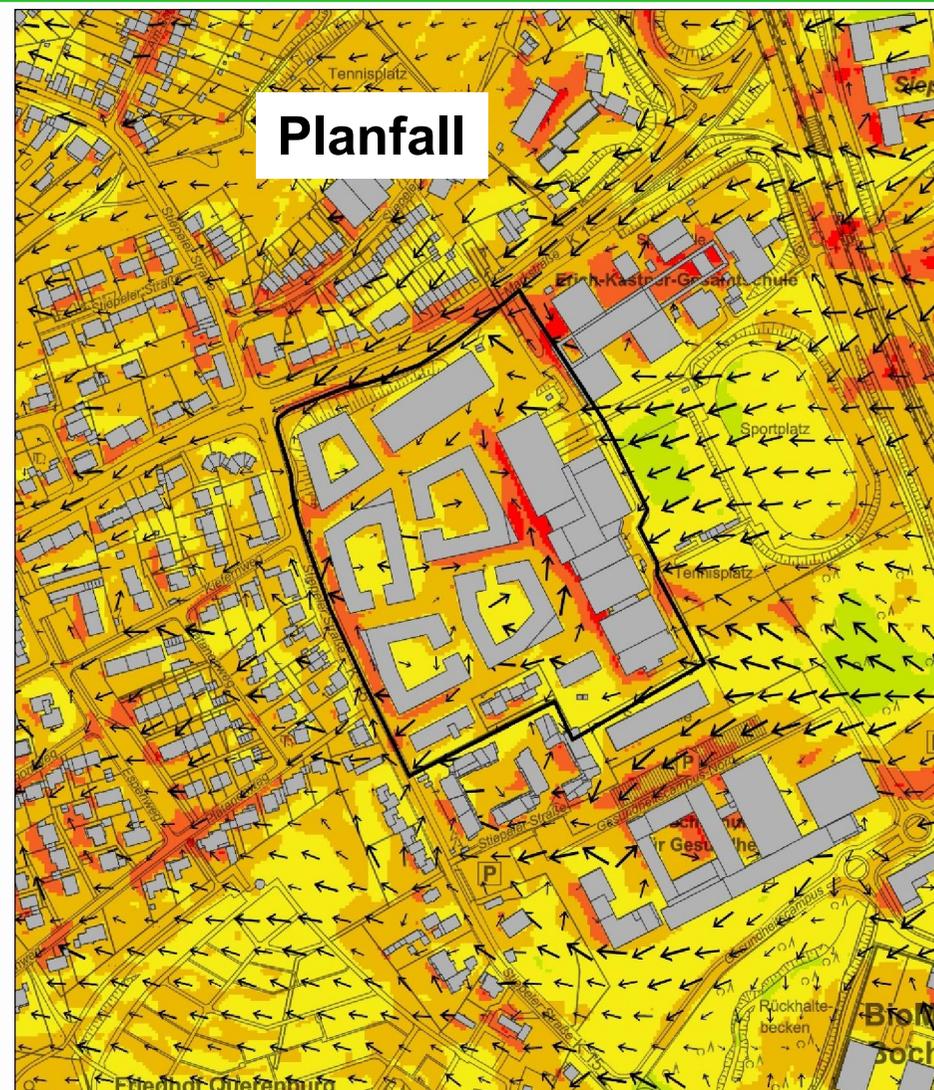
**Lohmeyer**

Bodennahe Lufttemperatur  
(Differenz Planfall zu Ist-Fall)- Nacht (04 Uhr)

© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022



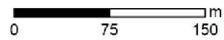
**Ist-Zustand**



**Planfall**

<b>Lufttemperatur [°C]</b>	<b>Windrichtung und -geschwindigkeit</b>	 Gebäude	
 ≤ 32.0	↑ 0.1 - 0.5	 Plangebiet	bodennahe Lufttemperatur (Ist-Fall) - Tag (15 Uhr)
 > 32.0 - 33.0	↑ > 0.5 - 1.0		
 > 33.0 - 34.0	↑ > 1.0 - 1.5		
 > 34.0 - 35.0	↑ > 1.5 - 2.0		
 > 35.0	↑ > 2.0		





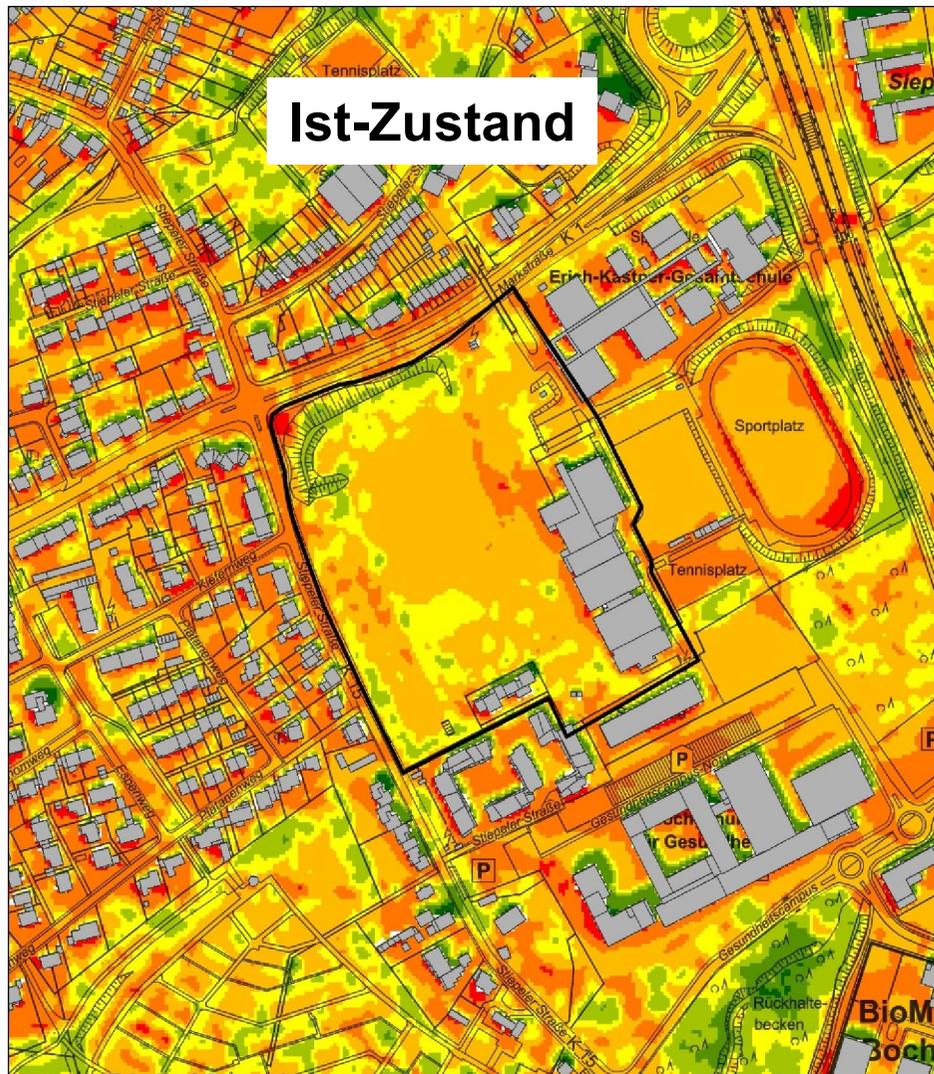
© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022

<b>Lufttemperatur [°C]</b>	<b>Windrichtung und -geschwindigkeit</b>	 Gebäude	
 ≤ 32.0	↑ 0.1 - 0.5	 Plangebiet	bodennahe Lufttemperatur (Planfall) - Tag (15 Uhr)
 > 32.0 - 33.0	↑ > 0.5 - 1.0		
 > 33.0 - 34.0	↑ > 1.0 - 1.5		
 > 34.0 - 35.0	↑ > 1.5 - 2.0		
 > 35.0	↑ > 2.0		

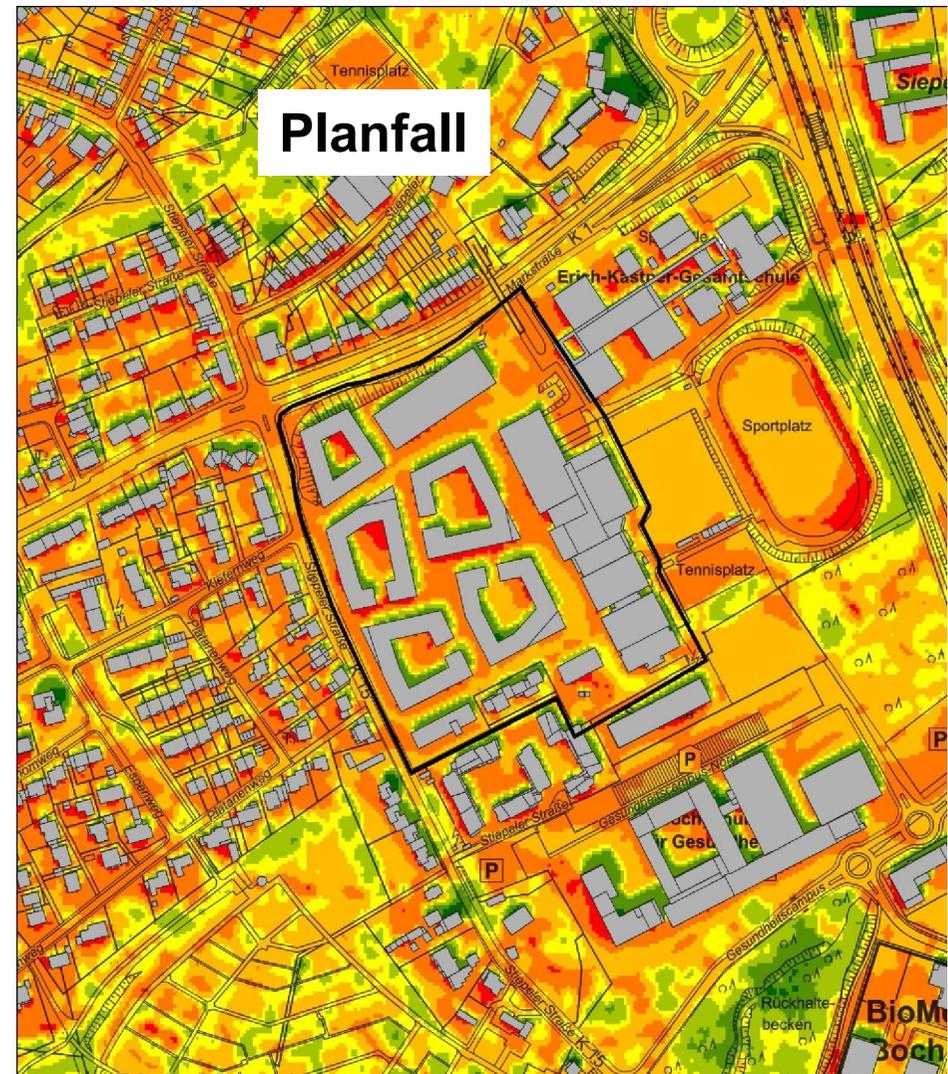




© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022



**Ist-Zustand**



**Planfall**

Gefühlte Temperatur [°C]

- <= 28
- > 28 - 30 *mäßige*
- > 30 - 32
- > 32 - 34
- > 34 - 36 *starke*
- > 36 - 38
- > 38 *extreme*

- Plangebiet
- Gebäude



Gefühlte Temperatur (GT)  
(Ist-Fall) - Tag (15 Uhr)



© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022

Gefühlte Temperatur [°C]

- <= 28
- > 28 - 30 *mäßige*
- > 30 - 32
- > 32 - 34
- > 34 - 36 *starke*
- > 36 - 38
- > 38 *extreme*

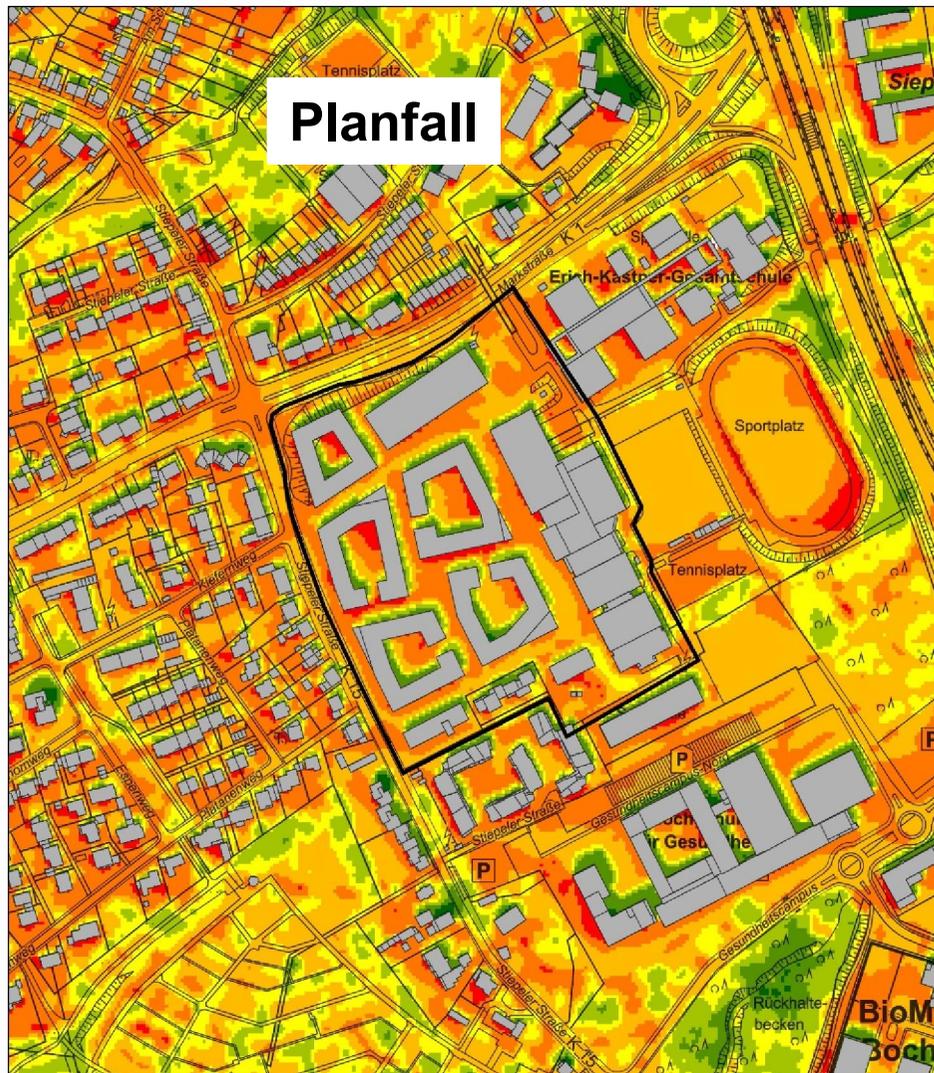
- Plangebiet
- Gebäude



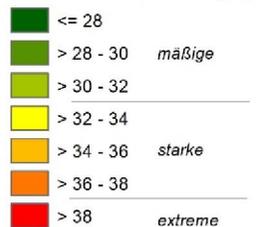
Gefühlte Temperatur (GT)  
(Planfall) - Tag (15 Uhr)



© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022



Gefühlte Temperatur [°C]



Plangebiet  
Gebäude

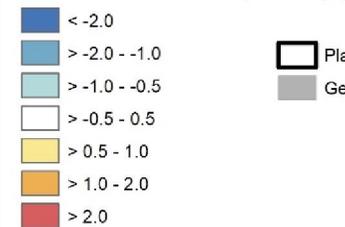


Gefühlte Temperatur (GT)  
(Planfall) - Tag (15 Uhr)



© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022

Differenz Gefühlte Temperatur [K]



Plangebiet  
Gebäude



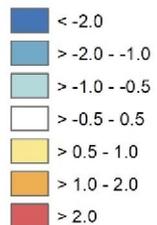
Gefühlte Temperatur (GT)  
(Differenz Planfall zu Ist-Fall) - Tag (15 Uhr)



© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022



Differenz Gefühlte Temperatur [K]

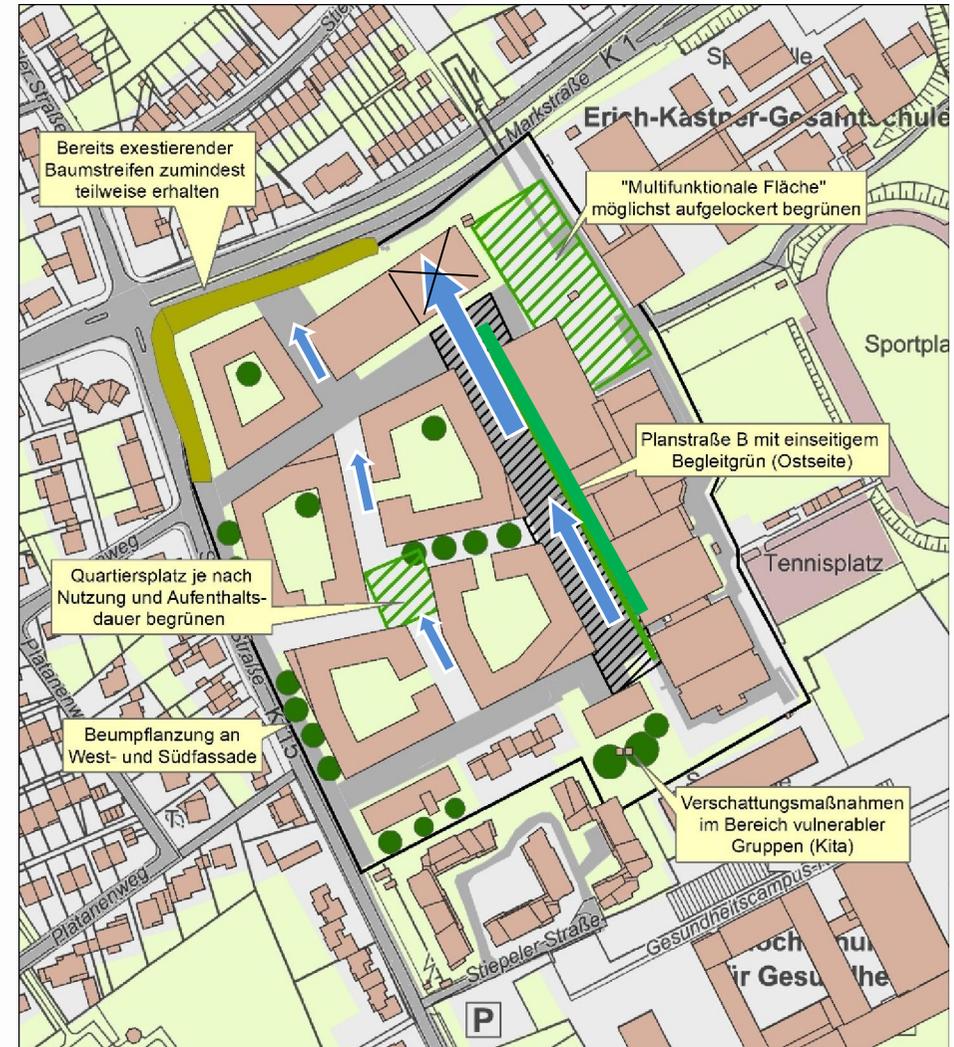


□ Plangebiet  
■ Gebäude

Gefühlte Temperatur (GT)  
(Differenz Planfall zu Ist-Fall)- Tag (15 Uhr)



© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022



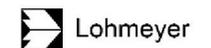
Oberfläche



■ Gebäude  
□ Plangebiet



© Geobasis NRW, WMS ABK, 2022



## Aktueller Stand der Technik

- Komplexe Modelle zur Beschreibung atmosphärischer Prozesse inkl. Wechselwirkung mit Oberflächen (Gebäude, Vegetation, usw.)
- Verfügbarkeit von leistungsfähiger Hardware

## Was könnte noch kommen?

- Kaltluft über prognostische 3d-Modelle anstatt einfacheren Kaltluftabflussmodellen (2d-Flachwassergleichungsmodelle)
- Schnittstellen zu etablierten Ausbreitungsmodellen für Untersuchungen mit „steilen“ Gelände und **Gebäudeeinfluss** können umgesetzt werden

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**



Dr. rer. nat. Rowell Hagemann, Lohmeyer GmbH,  
Niederlassung Bochum  
Wasserstraße 223, 44799 Bochum

Tel.: + 49 (0)234/516685-20  
E-Mail: rowell.hagemann@lohmeyer.de  
Web: <http://www.lohmeyer.de>