

Mikroklimatisches Gutachten für das B-Plangebiet Eichplatz

ThINK –
Thüringer Institut für Nachhaltigkeit
und Klimaschutz GmbH



Projektleitung

Dipl.-Geogr. Osama Mustafa

Unter Mitarbeit von

Dipl.-Geogr. Jakob Maercker

Dr. Ahmad Yousef

Dr. Matthias Mann

Dipl.-Geogr. Uwe Kurmutz

ThINK – Thüringer Institut für Nachhaltigkeit und Klimaschutz

Leutragraben 1

07743 Jena

Im Auftrag der

Stadt Jena, vertreten durch den Oberbürgermeister, dieser vertreten durch die Fachdienstleiterin Umweltschutz, Frau Isabel Günther

Am Anger 26

07743 Jena

Bearbeitungszeitraum: Dezember 2010 - Februar 2011



Inhalt

1. Zielstellung	1
2. Methodik	1
2.1 Das Modell ENVI-met	1
2.2 Visualisierung im GIS	2
3. Daten	2
3.1 Eingangsdaten	3
3.1.1 3D-Gebäude-Modell	3
3.1.2 Baumbestand	5
3.1.3 Oberflächenmaterial	5
3.1.4 Emissionsquellen	5
3.1.5 Konfigurationsdaten	8
3.2 Ausgabedaten	9
3.2.1 Potentielle Temperatur	10
3.2.2 Geschwindigkeit und Richtung der Luftströmung	10
3.2.3 PMV-Wert	10
3.2.4 Feinstaubkonzentration (PM10)	12
4. Ergebnisse	12
4.1 Potentielle Temperatur	13
4.2 Geschwindigkeit und Richtung der Luftströmung	14
4.3 PMV-Wert	15
4.4 Feinstaubkonzentration (PM10)	17
5. Zusammenfassung	19
6. Quellen	20

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes entsprechend B-Plan B-J 12 "Eichplatz".....	3
Abb. 2: Die Gebäude- und Baumverteilung für den Rechenlauf des IST-Zustands (Blickrichtung nach WNW)	4
Abb. 3: Die Gebäude- und Baumverteilung für den Rechenlauf des Zustands entsprechend dem ausgelegten B-Plan (Blickrichtung nach WNW).....	4
Abb. 4: Datenfluss in ENVI-met V3.1 (www.envi-met.com).....	9
Abb. 5: Die Temperaturverteilung.....	13
Abb. 6: Die Verteilung der Werte für Richtung und Geschwindigkeit der Luftströmung.....	14
Abb. 7: Die Verteilung des PMV-Wertes.....	15
Abb. 8: Die Verteilung der Feinstaubkonzentrationen (PM10).....	17

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ermittlung des Verkehrsaufkommens für den IST-Fall.....	7
Tab. 2: Ermittlung des Verkehrsaufkommens für den Plan-Fall.....	7
Tab. 3: PMV-Wert, thermisches Empfinden, Belastungsstufen und biologische Wirkung (VDI 2008).....	12

1. Zielstellung

Für die Bebauung des in der Jenaer Innenstadt gelegenen Eichplatzes liegt seit 21.09.2010 der 3. Entwurf zum Bebauungsplan (B-J 12) vor. Die sich infolge der geplanten Bebauung verändernden mikroklimatischen Verhältnisse sollen anhand von Computermodellrechnungen simuliert werden. Dafür sollen der aktuelle IST-Zustand und der Zustand entsprechend einer Realisierung des ausgelegten B-Planes als unabhängige Varianten modelliert und vergleichend analysiert werden.

2. Methodik

Zur Modellierung der mikroklimatischen Verhältnisse wird das mikroklimatische Stadtklimamodell ENVI-met 3.1 verwendet. Die damit erzeugten Ergebnissdatensätze werden anschließend mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) visualisiert und vergleichend analysiert. Meteorologische Meßdaten liegen für das Gebiet nicht vor und können somit auch nicht zur Validierung der Simulationsergebnisse genutzt werden.

2.1 *Das Modell ENVI-met*

Das Modell ENVI-met wurde unter der Leitung von Prof. Michael Bruse am Lehrstuhl für Geoinformatik der Universität Mainz entwickelt (u.a. Bruse 2007). Es handelt sich um ein dreidimensionales numerisches Simulationsmodell, mit dem das Mikroklima und die Luftqualität in städtischen Strukturen und im Gelände berechnet werden kann. Seine physikalischen Grundlagen basieren auf den Gesetzen der Strömungsmechanik (Windfeld), der Thermodynamik (Temperaturberechnungen) sowie der allgemeinen Atmosphärenphysik (zum Beispiel der Turbulenzprognose). Um eine Stadtstruktur im Modell untersuchen zu können, müssen alle Strukturelemente wie Gebäude, Vegetation oder die verschiedenen Oberflächenarten in einem rechtwinkligen Modellquader zusammengestellt werden, wobei, ähnlich wie beim Bauen mit Legosteinen, komplexe Strukturen durch die Kombination von einfachen Basiselementen (z.B. Würfel) nachgestellt werden. Dieser Teil der Dateneingabe wird fast komplett manuell durchgeführt und ist daher gerade in einem solchen komplexen Untersuchungsgebiet äußerst aufwendig. Die Bearbeitung der Fragestellung unter den gegebenen zeitlich engen Rahmenbedingungen wird daher erst möglich durch Programmwerkzeuge, die Dr. Ahmad Yousef im Rahmen seiner Promotionsarbeit erstellt hat und dem Projekt zur Verfügung stellt. Diese

Werkzeuge vereinfachen die Dateneingabe insofern, dass existierende räumliche Standardformate verwendet werden können. Die so entstandene Modellwelt wird dann numerisch vom Wind durchströmt und von der Sonne beschienen. Durch die Wechselwirkungen von Sonne und Schatten und die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Materialien entwickeln sich im Laufe eines simulierten Tages im Modell unterschiedliche Oberflächentemperaturen, die ihre Wärme in Abhängigkeit vom Strömungsfeld mehr oder minder stark an die Luft abgeben. Nicht berücksichtigt werden kann der Einfluss von Stoff- und Energieflüssen, die lateral auf das Gebiet wirken.

Für die Modellierung der vorliegenden Fragestellung wird eine autochthone mehrtägige sommerliche Strahlungswetterlage für die Mitte des Monats Juli angenommen. Diese Konstellation wurde gewählt um einen wolkenlosen und niederschlagsfreien Tag mit hohen, strahlungsbedingten, Temperaturdifferenzen zu simulieren. Die Vernachlässigung lateraler Einflüsse betrifft in diesem Fall lediglich die nächtlichen Kaltluftzuflüsse.

2.2 *Visualisierung im GIS*

Die Ergebnisse der Modellrechnungen in ENVI-met werden in komplexen, binären programminternen Dateiformaten abgespeichert und können dort visualisiert werden. Eine Exportfunktion ermöglicht aber auch die Konversion in xyz-ASCII-Daten. Ein von uns erstelltes eigenes Werkzeug ermöglicht wiederum die Transformation in ein GIS-lesbares ASCII-Datenformat und somit den Import in die Software ArcGIS, wo erweiterte Analyse- und Visualisierungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen.

3. Daten

Das Untersuchungsgebiet umfasst das laut B-Plan zu bebauende Gebiet sowie einen klimatisch relevanten Randbereich, welcher in der Regel mindestens der Breite eines Häuserblocks entspricht. Horizontal wurde das Gebiet in Zellen von 3 m Kantenlänge aufgelöst. Vertikal wurden bis zu einer Höhe von 10 m Schichten von 2 m Ausdehnung erstellt und von 10 bis 130 m Höhe eine Ausdehnung von 20 m pro Höhenschicht verwendet. Eine feinere Berechnung auch in den höheren Bereichen wäre zwar technisch möglich, würde aber ein Vielfaches an Rechenzeit benötigen ohne dass das Ergebnis signifikant davon verändert würde, da die wesentlichste mikroklimatische Dynamik an der Grenzfläche Atmosphäre – Boden/Bebauung stattfindet.

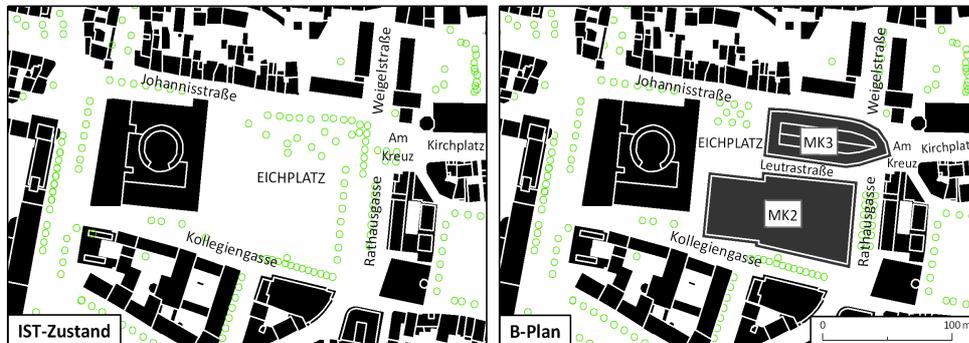


Abb. 1: Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes entsprechend B-Plan B-J 12 "Eichplatz"

3.1 Eingangsdaten

3.1.1 3D-Gebäude-Modell

Das 3D-Gebäude-Modell erlaubt es, die Gebäudegrundflächen sowie deren Höhe zu parametrisieren. Das verwendete Modell liegt im Format City GML im Detaillierungsgrad LOD2 oder LOD1 vor. Die enorme Rechenzeit von ENVI-met ließ jedoch keine Verwendung von LOD2 zu. Testläufe zeigten ausserdem nur marginale Unterschiede in den Ergebnissen bei der Verwendung der verschiedenen Detaillierungsgrade.

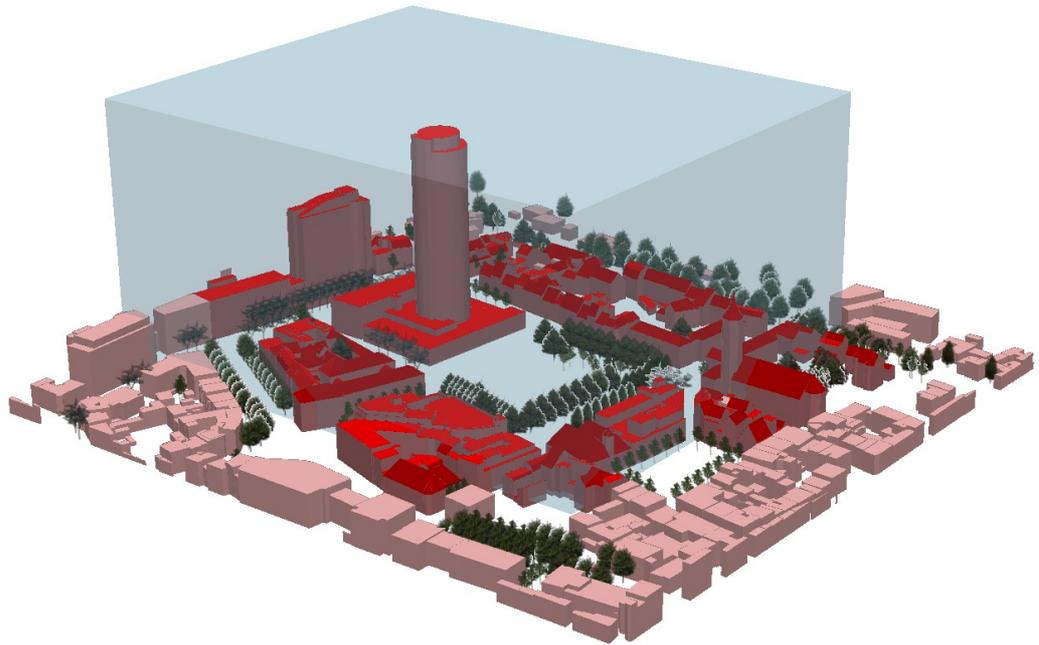


Abb. 2: Die Gebäude- und Baumverteilung für den Rechenlauf des IST-Zustands (Blickrichtung nach WNW)

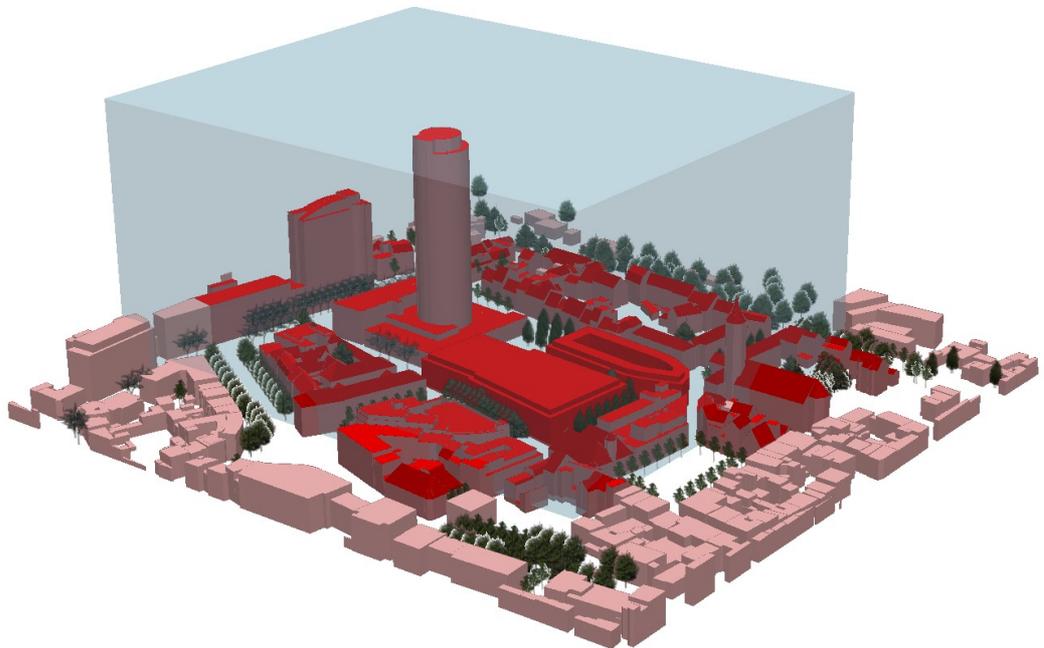


Abb. 3: Die Gebäude- und Baumverteilung für den Rechenlauf des Zustands entsprechend dem ausgelegten B-Plan (Blickrichtung nach WNW)

3.1.2 Baumbestand

Für die Eingabe des aktuellen Baumbestandes wurden die vom Model vorgegebenen Baumtypen verwendet, die eine Reihe pflanzenphysiologische Parameter beschreiben. So kommen hier neben der räumlichen Position auch Angaben wie Baumhöhe und Kronendichte zum tragen. Dabei mussten vereinfachende Klassifizierungen angewendet werden. So wurden beispielsweise die Höhenangaben auf 3 Klassen (<10 m, 10 – 15 m, >15 m) reduziert. Die Kronendichte wurde mit den Klassen light/gering, average dense/durchschnittlich, dense/dicht und very dense/sehr dicht beschrieben. Da diese Parameter aus dem Baumkataster der Stadt nicht entnommen werden konnten, wurde eine eigene Kartierung durchgeführt.

Der Baumbestand der geplanten Bebauung wurde an nicht veränderlichen Stellen mit dem aktuellen gleichgesetzt. An veränderlichen Stellen sind im Bebauungsplan nur Positionen vermerkt. Angaben zu Größe und Art der geplanten Bepflanzung sind nicht zu entnehmen. Für die Modellrechnung wurden neu zu pflanzende Bäume mit dem ENVI-met-Typ T2 angenommen (u.a. 10 - 15 m Höhe, Kronendichte: „gering“).

3.1.3 Oberflächenmaterial

Bei der Attributierung des Oberflächenmaterials wird vor allem zwischen unversiegelten und versiegelten Flächen unterschieden. Im unversiegelten Falle wurde die Bodenart zugewiesen (Lehm, Ton usw.) während im versiegelten Fall das verwendete Baumaterial (Granit, Kalkstein, Beton usw.) angegeben wurde. Auch hier wurde eine eigene Kartierung durchgeführt, da die in der Digitalen Stadtkarte enthaltenen Angaben nicht den Klasseneinteilungen von ENVI-met entsprechen.

3.1.4 Emissionsquellen

Gemäß Aufgabenstellung soll auch die Luftschadstoffausbreitung von Schadstoffpartikeln einer Punktquelle (Tiefgaragenausfahrt) untersucht werden. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde festgelegt, dass sich diese Untersuchung auf den Schadstoff Feinstaub/Dieselruß (PM_{10}) beziehen sollte.

Hinsichtlich der Höhe der aktuellen bzw. künftig zu erwartenden Schadstoffemissionen lagen dem Auftraggeber keine belastbaren Zahlen vor. Mit dem Auftraggeber bestand Einigkeit dahingehend, dass hier sinnvolle Annahmen als Ausgangswerte für die mikroklimatischen Modellierungen getroffen werden

sollten, die Ergebnisse der Modellierung jedoch nur hinsichtlich des Ausbreitungsverhaltens der Luftschadstoffe, aber – wegen der Unsicherheiten bezüglich der Ausgangswerte – nicht oder nur mit Vorbehalten hinsichtlich der Höhe der Schadstoffimmissionen ausgewertet bzw. interpretiert werden können.

Bezüglich der durch den Parkverkehr entstehenden Schadstoffemissionen wurde sich an das methodische Vorgehen einer vergleichbaren Untersuchung (PEUTZ Consult 2009) in Düsseldorf angelehnt. Im Rahmen dieser Untersuchung, die sich allerdings ausschließlich auf die Problematik der Luftschadstoffausbreitung und -konzentrationen beschränkte, wurde eine weitgehend vergleichbare städtebauliche Situation untersucht bzw. eine geplante Bebauung (Bebauung eines Quartiers und damit verbunden die Schaffung zusätzlicher Tiefgaragenkapazitäten) bewertet.

Ausgehend von dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 2004) können aus bekannten Angaben zum Verkehrsaufkommen und der konkreten verkehrlichen Situation an Parkplatz- bzw. Tiefgaragenzufahrten Emissionen je Kfz abgeleitet werden. Diese betragen nach unseren Ermittlungen auf der Grundlage der o.g. Untersuchung (PEUTZ Consult 2009) 20,5 mg/Kfz bei Parkplätzen/Tiefgarage mit ausschließlicher Pkw-Nutzung und erhöhen sich auf 21,0 mg/Kfz bei Parkplatz- bzw. Tiefgaragenzufahrten mit einem geringen Lkw-Anteil (Lieferverkehr).

Hinsichtlich der Höhe des Verkehrsaufkommens konnte der Auftraggeber nur Erhebungen bzw. Prognosen aus dem Jahr 2006 bereitstellen, die in sich leider nicht stimmig waren bzw. mit der aktuellen Planung gemäß B-Plan „Eichplatz“ nicht mehr kompatibel sind. Einerseits muss aktuell von einer deutlich höheren zu schaffenden Stellplatzanzahl (ca. 600 Stellplätze in zwei Tiefgaragenebenen, telefonische Auskunft Herr Rüster) ausgegangen werden. Andererseits kann gemäß aktueller Planung die Tiefgaragenzufahrt Weigelstraße nur noch als Zufahrt und nicht mehr als Ausfahrt genutzt werden. Vor diesem Hintergrund erscheint ein prognostiziertes Fahrzeugaufkommen von 4.400 Fahrzeugen pro Tag (gemäß Verkehrsprognose des Auftraggebers aus dem Jahr 2006) für die Weigelstraße deutlich überhöht.

Vor diesem Hintergrund wurde mit der gleichen Methodik zur Ermittlung des Verkehrsaufkommens, die im Rahmen der Lärmimmissionsuntersuchungen 2006 (BIWA 2006) angewandt worden war, das aktuelle bzw. das künftige Verkehrsaufkommen im Bereich des Eichplatzes ermittelt. Diese Ermittlungen sind in den folgenden Tabellen 1 und 2 wiedergegeben.

Parkhaus/ Parkplatz	Stellplatz- anzahl	Nutzer	Anteil in %		Bewegungen je St.pl.*h		Bewegungen (gesamt)		PM ₁₀ mg/Kfz		
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht			
Neue Mitte TG	164	Einkauf	45%		0,20		236,2	0,0			
		Behörden	35%		0,25		229,6	0,0			
		Dauerparker	20%	20%	0,15	0,02	78,7	5,2			
							545	5	550	21,0	
PP Neue Mitte	10	Kurzparker			1,00	0,04	160	3	163	20,5	
PP Eichplatz/ Hinterm Rathaus	340	Kurzparker	100%	100%	1,00	0,04	5440	217,6			
							5440	218	5658		
Ein- und Ausfahrt über Weigelstraße									40%	2263	20,5
Ein- und Ausfahrt über Kollegiengasse									60%	3395	20,5
C&A TG	155	allgemein	20%		0,50	0,01	248,0	0,0			
		Dauerparker	80%	80%	0,15	0,02	297,6	19,8			
							545	20	565	20,5	
PP Nonnenplan	10				4,00	0,50	640	40	680	20,5	

Tab. 1: Ermittlung des Verkehrsaufkommens für den IST-Fall

Parkhaus/ Parkplatz	Stellplatz- anzahl	Nutzer	Anteil in %		Bewegungen je St.pl.*h		Bewegungen (gesamt)		PM ₁₀ mg/Kfz		
			Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht			
Neue Mitte TG	164	Einkauf	45%		0,20		236,2	0,0			
		Behörden	35%		0,25		229,6	0,0			
		Dauerparker	20%	20%	0,15	0,02	78,7	5,2			
							545	5	550	21,0	
PP Neue Mitte	10	Kurzparker			1,00	0,04	160	3	163	20,5	
Eichplatz TG	600	allgemein	50%	50%	0,50	0,01	2400	48,0			
		Dauerparker	50%	50%	0,15	0,02	720,0	96,0			
							3120	144	3264		
Einfahrt über Weigelstraße									20%	653	20,5
Ein- und Ausfahrt über Kollegiengasse									80%	2611	21,0
C&A TG	155	allgemein	20%		0,50	0,01	248,0	0			
		Dauerparker	80%	80%	0,15	0,02	297,6	19,8			
							545	20	565	20,5	
PP Nonnenplan	10				4,00	0,50	640	40	680	20,5	

Tab. 2: Ermittlung des Verkehrsaufkommens für den Plan-Fall

Das für die jeweilige Parkplatz- bzw. Tiefgaragenzufahrt ermittelte tägliche Verkehrsaufkommen wurde anschließend mit einem hypothetischen Tagesgang mit einem Früh- und einem Nachmittagsmaximum hinterlegt und aus diesen Werten des Verkehrsaufkommens zu den einzelnen Tagesstunden wurden dann die für die jeweilige Tagesstunde anzusetzenden Emission in mg/s für die einzelnen Parkplatz- bzw. Tiefgaragenzufahrten ermittelt.

Die Schadstoffquellen wurden für die mikroklimatische Modellierung als Punktquellen behandelt, was genau genommen natürlich nur bedingt der Realität entspricht. Sofern es sich um Tiefgaragenzufahrten handelt, ist dies noch relativ plausibel, bei Parkplätzen stellt die Annahme von Punktquellen natürlich eine Vereinfachung dar, die bei der Interpretation der Berechnungsergebnisse dann berücksichtigt werden muss.

Bei den bestehenden Parkplatz- bzw. Tiefgaragenzufahrten ist die Lage der jeweiligen Punktquelle in beiden untersuchten Fällen (IST-Zustand und Bebauungsvariante) natürlich identisch. Hinsichtlich des Parkplatzes Eichplatz bzw. der künftigen Tiefgarage Eichplatz ergeben sich für die Lage der Punktquellen allerdings auch nur geringe Abweichungen: die künftige Zufahrt zur Tiefgarage Eichplatz in der Kollegiengasse ist mit der heutigen Parkplatzzufahrt praktisch identisch, die Zufahrt von der Weigelstraße wird sich aufgrund der geplanten Rampe für die Tiefgarage etwas nach Norden verschieben.

3.1.5 Konfigurationsdaten

Um die klimatischen Randbedingungen für das Untersuchungsgebiet zu definieren werden für die Modellläufe eine Reihe nicht räumlich variabler Parameter festgelegt :

Zeitliche und räumliche Einordnung des Gebietes:

- Lage: 50,93° N / 11,58° E
- Startdatum: 18.7.; 7.00 Uhr

Klimatische Startbedingungen:

- Temperatur: 292 K (19°C)
- relative Feuchte: 70 %

klimatisch konstante Randbedingungen während der Simulation:

- Luftströmungsrichtung: aus 270° (West)
- Strömungsgeschwindigkeit: 1,5 m/s

Die klimatischen Start- und Randbedingungen wurden anhand von Messdaten (DWD-Station Jena Schillergäßchen, Station FH Jena) für typische sommerliche autochthone Wetterlagen abgeleitet.

Die aktuelle Version von ENVI-met erlaubt leider noch keine Berücksichtigung eines Geländemodells. Reliefbedingte mikroklimatische Effekte werden daher nicht simuliert. Das bearbeitete Untersuchungsgebiet ist weitgehend eben - lediglich zwischen Johannisstraße und Eichplatz gibt es eine Geländestufe. Die

Nichtberücksichtigung des Reliefs dürfte daher keinen oder nur geringe Auswirkungen auf das Modellierungsergebnis haben.

Alle erwähnten Eingangsdaten wurden von uns in das Modell eingegeben/modifiziert. Für alle übrigen Parameter wurde auf die Voreinstellung von ENVI-met zurückgegriffen.

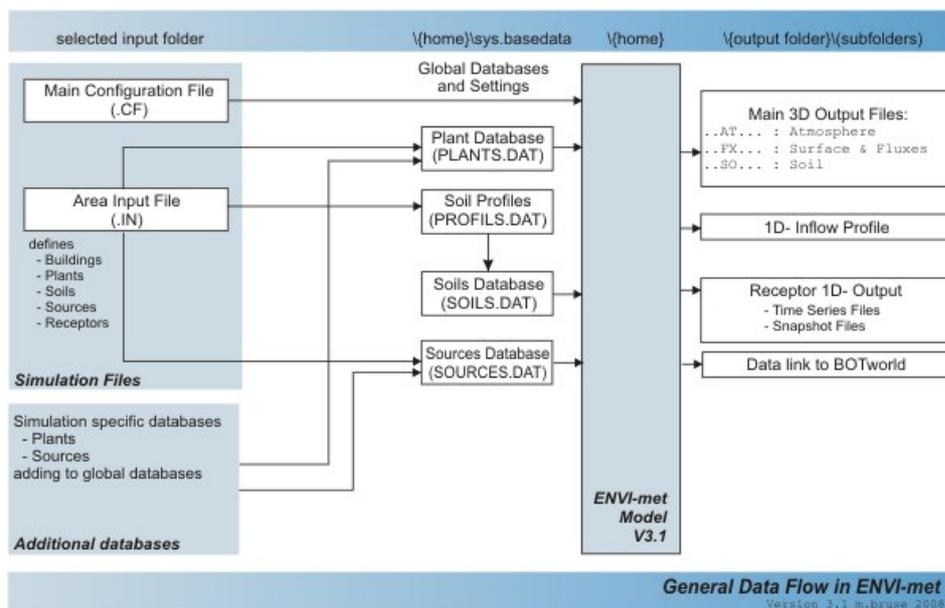


Abb. 4: Datenfluss in ENVI-met V3.1 (www.envi-met.com)

Wie sich während der Modellrechnung gezeigt hat, reagiert ENVI-met in Abhängigkeit von Komplexität und Parametrisierung des Untersuchungsgebietes sehr sensitiv auf die Auswahl der gewählten Berechnungszeitschritte und die Gebietsgröße. Die komplexe numerische Simulation führte immer wieder zu instabilen Systemzuständen und damit zum Abbruch der Modellrechnung. Somit war ein langwieriger Prozess der iterativen Anpassung der Rechenparameter erforderlich.

Die erfolgreiche Berechnung eines durchgehenden Rechenlaufs (>12h) stellt einen erheblichen Aufwand dar und erwies sich während der Projektbearbeitung als äußerst zeitintensiv. Erfolgreich konnte die Simulation mit Berechnungszeitschritten von einer Sekunde realisiert werden wobei die Rechenzeit für eine simulierte Stunde ca. 12 Stunden reelle Zeit benötigt hat.

3.2 Ausgabedaten

Entscheidend für die bioklimatische Bewertung ist der PMV-Wert (vgl. Kap. 3.2.3). Um ursächliche Zusammenhänge der Ausprägung dieses Wertes erkennbar werden zu lassen, werden zusätzlich die Parameter Strömungs-

geschwindigkeit und -richtung der Luft sowie potentielle Temperatur dargestellt. Als weitere Zielgröße der Untersuchung wird die Konzentration von Feinstaub (PM_{10}) visualisiert und ausgewertet.

3.2.1 Potentielle Temperatur

Die potentielle Temperatur ist jene Temperatur die ein Luftpaket besitzt, wenn man es auf einen Referenzdruck von 1000 hPa bringt.

Diese Methode wird angewandt, um die Lufttemperatur verschiedener Höhen vergleichbar zu machen. Ein bestimmtes Luftpaket verändert seine Temperatur, wenn es in eine andere Höhe und damit unter einen anderen Luftdruck gelangt. Bewegt es sich nach oben, sinkt der Druck und das Luftpaket kühlt sich ab. Bewegt es sich nach unten, steigt der Druck und das Luftpaket erwärmt sich. Die potentielle Temperatur eines Luftpaket ist diejenige Temperatur, die es bekommt, wenn man es auf einen Referenzdruck, wie in ENVI-met, auf 1000-hPa bringt.

ENVI-met gibt die potentielle Temperatur in Kelvin für verschiedene (vorab) selbst gewählte Höhen aus. In dieser Untersuchung findet nur die potentielle Temperatur in 2 m Höhe Beachtung.

3.2.2 Geschwindigkeit und Richtung der Luftströmung

Die Luftströmung hat einen entscheidenden Einfluss auf die räumliche Temperaturverteilung und sorgt vor allem bei hohen kleinräumigen Temperaturgradienten für Luftmassenbewegung.

Zudem findet durch Luftströmung auch eine konvektive Kühlung statt (Wärme wird "vom Körper weggetragen"). Deshalb verbessert strömende Luft die Kühlwirkung von Schweiß und reduziert die benötigte Schweißmenge.

Die Annahme einer sommerlichen autochthonen Wetterlage führt in dieser Untersuchung zu relativ geringen Strömungsgeschwindigkeiten, da der übergelagerte Wind nur mit 1,5 m/s angenommen wird.

Die Strömungsrichtung wird stark von der Bebauung beeinflusst.

3.2.3 PMV-Wert

PMV steht für Predicted Mean Vote (erwartete mittlere Beurteilung), ein Maß das einen Durchschnittswert für das thermische Behaglichkeitsempfinden einer

statistisch ausreichend großen Personenzahl angibt. Der PMV-Wert gibt nur das mittlere Empfinden einer größeren Personengruppe an, das individuelle Empfinden kann davon stark abweichen.

Die entscheidenden, individuellen Parameter der Berechnungsformel für die PMV sind:

1. Wärmeisolation der Bekleidung
2. metabolische Rate des Energieumsatzes verschiedener körperlicher Tätigkeiten
3. mittlere Luftgeschwindigkeit
4. Lufttemperatur
5. mittlere Strahlungstemperatur
6. partieller Wasserdampfdruck (Luftfeuchtigkeit)

Der PMV-Wert ist weit besser als Beurteilungsgrundlage für das Bioklima geeignet als reine Temperaturwerte, da für das thermische Empfinden Luftfeuchte (partieller Wasserdampfdruck), Sonne/Schatten (mittlere Strahlungstemperatur), Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit sowie die körperliche Tätigkeit (metabolische Rate) und die Wahl der Kleidung entscheidend sind.

Angegeben wird der PMV-Wert in einer Skala nach Fanger (1972) von -3,5 bis 3,5. ENVI-met berechnet den PMV-Wert auch außerhalb dieser Skala um z.B. bei starken Überhitzungssituationen zu räumlich differenzierten Aussagen zu kommen.

PMV	Thermisches Empfinden	Belastungsstufe	Biologische Wirkung
-3,5	sehr kalt	Extrem	Kältestress
-2,5	kalt	Stark	
-1,5	kühl	Mäßig	keine
-0,5	leicht kühl	Schwach	
0,0	behaglich	Keine	
0,5	leicht warm	Schwach	
1,5	warm	Mäßig	Wärmebelastung
2,5	heiß	Stark	
3,5	sehr heiß	Extrem	

Tab. 3: PMV-Wert, thermisches Empfinden, Belastungsstufen und biologische Wirkung (VDI 2008)

3.2.4 Feinstaubkonzentration (PM_{10})

Die Ausgabe der Partikelkonzentration des Schadstoffes Feinstaub/Dieselruß (PM_{10}) erfolgt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4. Ergebnisse

Für die Zeitpunkte 10.00 Uhr, 13,00 Uhr, 16.00 Uhr und 19.00 Uhr werden die Parameter (potentielle Temperatur, PMV, Strömungsgeschwindigkeit sowie Strömungsrichtung der Luft, Feinstaubkonzentration) für den IST-Zustand und die Bebauungsvariante räumlich vergleichend dargestellt (siehe Kartenteil).

Alle Parameter werden einheitlich für eine Höhe von 2 m über der Erdoberfläche mit einer horizontalen Auflösung von 3 m ausgegeben. Das simulierte Gebiet ist weit größer als in den Ergebnis-Abbildungen dargestellt (ca. doppelte Gesamtfläche). Der Ausschnitt wurde so gewählt das keine Randeffekte den Untersuchungsstandort beeinflussen. Graue Farbtöne in den Differenzkarten sind tatsächlich berechnete Werte an denen keine bzw. minimale Differenzen zwischen den dem IST-Zustand und der Bebauungsvariante simuliert wurden.

Da die Absolutwerte stark von den gewählten Startbedingungen (Temperatur, Luftfeuchte) und Randbedingungen (Luftströmungsrichtung, Luftströmungsgeschwindigkeit) abhängen sollten sich Interpretationen vorrangig auf die Unterschiede zwischen den Bebauungsvarianten stützen. Die Differenzwerte ergeben sich aus der Berechnung: Bebauungsvariante – IST-Zustand.

Die simulierten Ergebnisse stellen ausschließlich die mikroklimatischen Bedingungen für eine autochthone sommerliche Hochdruckwetterlage dar und lassen keine Rückschlüsse auf die mikroklimatischen Bedingungen für andere Wetterlagen zu.

In der Besprechung der Ergebnisse wird an dieser Stelle vor allem auf die 13 Uhr-Werte eingegangen. Diese sind bioklimatisch am aussagekräftigsten, da sich die höchsten Temperaturen im Tagesverlauf erst nach dem Einstrahlungsmaximum einstellen und somit am wahrscheinlichsten kritische PMV-Werte erreicht werden.

4.1 Potentielle Temperatur

(Kartenteil: A - D)

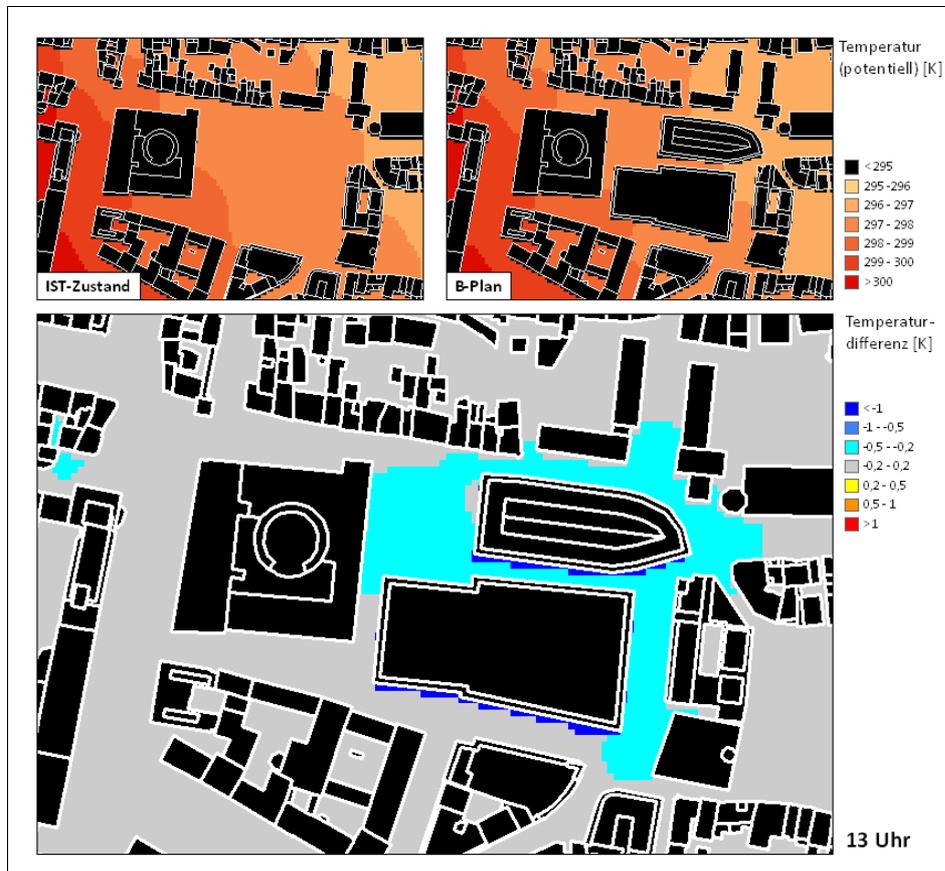


Abb. 5: Die Temperaturverteilung

Insgesamt zeigen sich die potentiellen Lufttemperaturen nur geringfügig von der veränderten Bebauung beeinflusst. Werte über 1 K Temperaturdifferenz werden nicht erreicht. Es ist keine signifikante Erhöhung der potentiellen Temperatur festzustellen. Eine geringfügige Abnahme der Temperaturen **nördlich** sowie **östlich** der geplanten Gebäude MK2 und MK3 kann in erster Linie durch Verschattung der Neubebauung erklärt werden. Die absoluten Temperaturwerte sind im hohen Maße abhängig von gewählten Start- und Randbedingungen und nur gering Aussagefähig. Auswirkungen auf die Temperaturverhältnisse über den Eichplatz hinaus werden, laut Simulation, durch die geplante Bebauung nicht verursacht.

4.2 Geschwindigkeit und Richtung der Luftströmung

(Kartenteil: E - H)

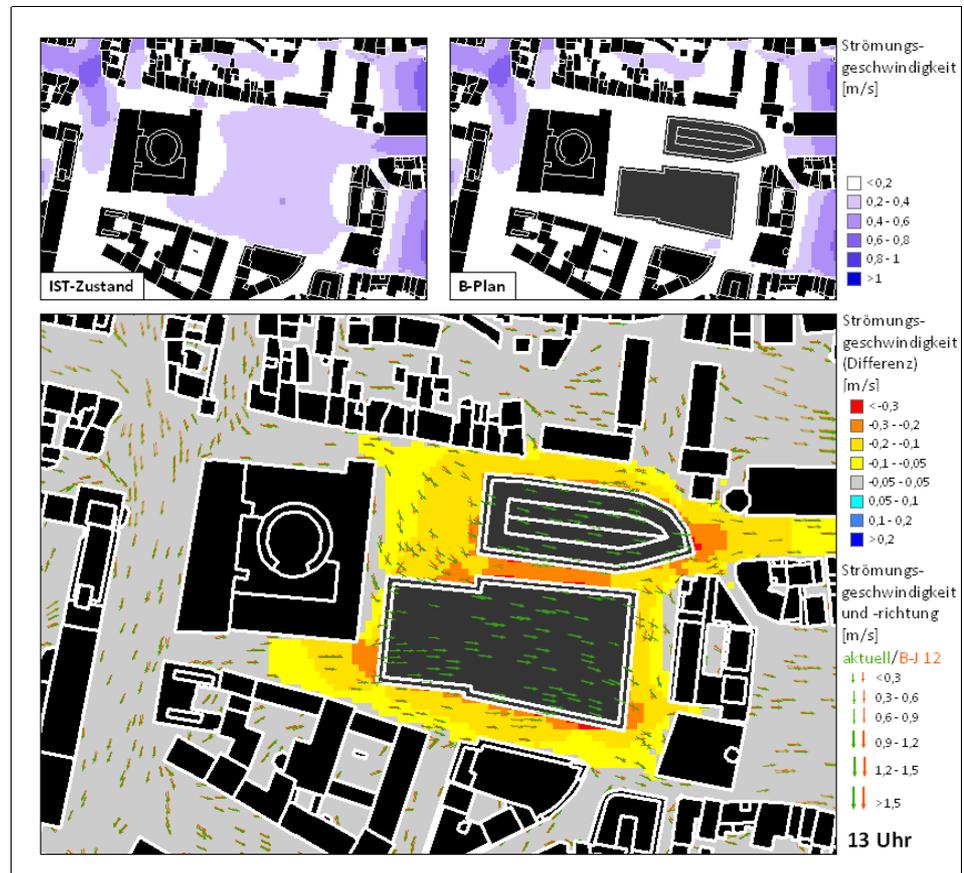


Abb. 6: Die Verteilung der Werte für Richtung und Geschwindigkeit der Luftströmung

Die Annahme einer sommerlichen austauscharmen Wetterlage mit einem nur schwach ausgeprägtem übergeordneten Wind führen für das Untersuchungsgebiet zu geringen absoluten Werten der Luftströmungsgeschwindigkeit.

Offene Flächen wie der aktuelle Eichplatz bieten aufgrund geringer Rauigkeit der Oberfläche nur einen schwachen Widerstand für die Luftmassenbewegung. Durch die Bebauung werden die Strömungsverhältnisse in hohem Maße beeinflusst. Es findet eine Reduktion der Geschwindigkeit im **näheren Umkreis der geplanten Bebauung**, sowie eine Änderung der Strömungsrichtung im Bereich des **neuen Eichplatzes** und der **Rathausgasse** statt.

Unter der Annahme der Randbedingung (Luftströmung 1,5 m/s aus westlicher Richtung) entstehen zwischen den beiden Gebäuden der geplanten Neubebauung Bereiche ohne nennenswerte Luftströmungsgeschwindigkeiten. Diese Aussage ist allein für die gewählten Start- und Randbedingungen gültig.

4.3 PMV-Wert

(Kartenteil: I - I)

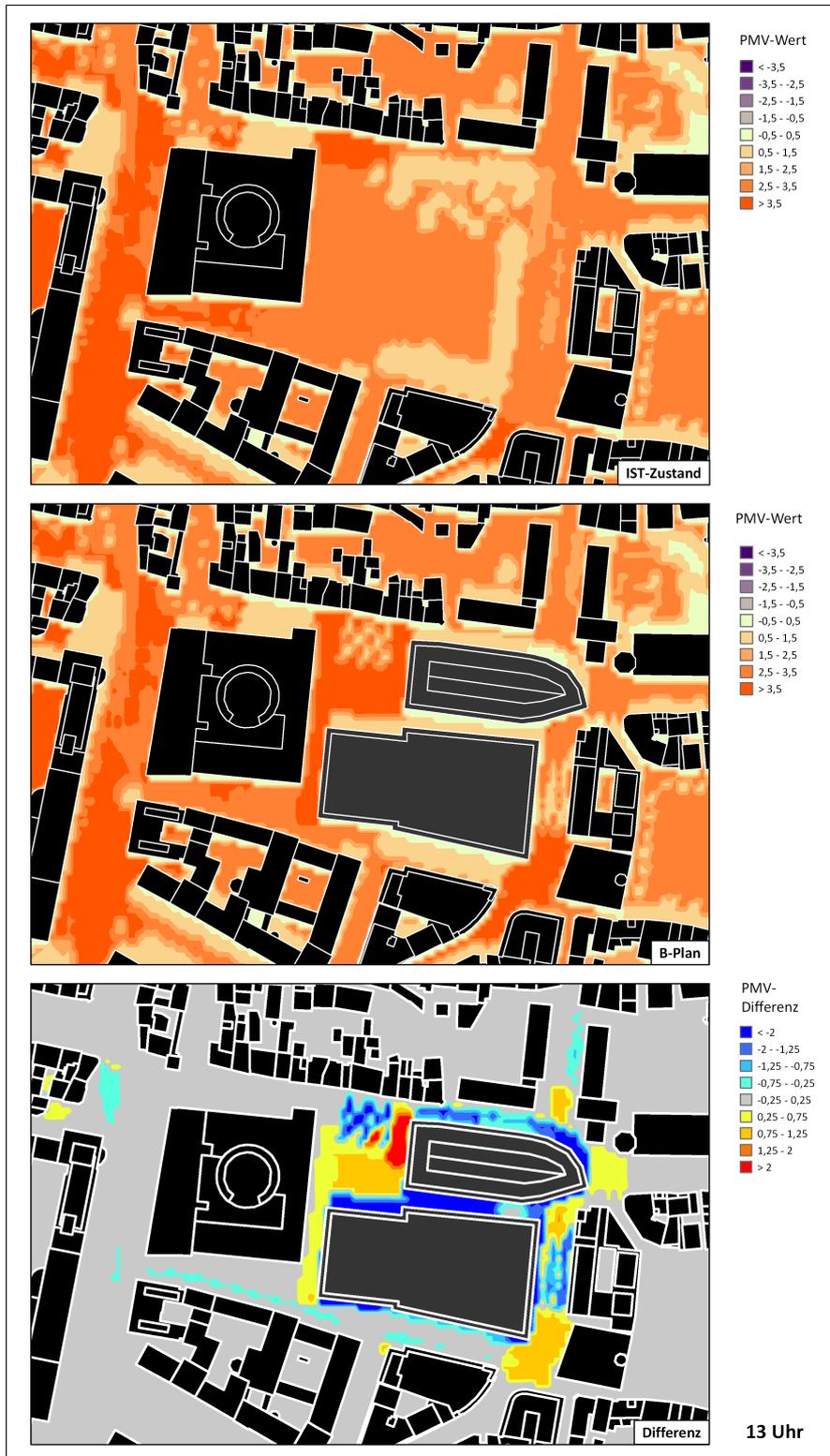


Abb. 7: Die Verteilung des PMV-Wertes

Aufgrund der Skalierung des PMV-Wertes genügt es hier nicht Differenz zweier Zustände zu betrachten sondern es müssen die Absolutwerte in die Bewertung einbezogen werden, da ein Wert nahe 0 als angenehm empfunden wird.

Im Gesamtüberblick lässt sich erkennen, dass sowohl für den IST-Zustand also auch für den B-Plan kaum negative PMV-Werte („kalt“ empfunden) berechnet wurden, was bei einer solchen Wetterlage auch nicht zu erwarten wäre. In beiden Zuständen weisen baumbestandene (z.B. Marktplatzrand) und stark verschattete Bereiche (z.B. nördlich „Neue Mitte“) „behaglichere“ Bedingungen auf.

Erhebliche Differenzen des PMV-Wertes sind im Bereich des **neuen Eichplatzes** zu erkennen. Eine Verringerung der thermischen Behaglichkeit hin zu PMV-Werten von über 2,5 (wird als „heiß“ empfunden) ist fast für den gesamten Platz zu verzeichnen. Diese hohen Werte ergeben sich vor allem aus der Verringerung der Verschattung durch Bäume, aber auch aus der Verringerung von Strömungsgeschwindigkeiten. Aufgrund der zeitlich veränderlichen Baumabmaße (Baumwachstum) sind auch die PMV-Werte in diesem Bereich als zeitlich variabel zu betrachten. Unterschiede des PMV-Wertes >1 werden zwischen Baumneupflanzung und ausgewachsenen Bäumen erreicht. Daneben sind die PMV-Werte durch die Art der Bepflanzung auch im Rahmen des vorliegenden Bebauungsplanes beeinflussbar.

Bereiche jeweils **nördlich und nordöstlich der geplanten Gebäude MK2 und MK3** sowie in der **Leutrastraße** zwischen beiden geplanten Gebäuden erfahren durch die Schattenwirkung der Gebäude einen positiven bioklimatischen Effekt, der je nach Sonnenstand variiert und teilweise abnehmende Strömungsgeschwindigkeiten kompensiert. Der Aufenthalt in den verschatteten Bereichen dürfte mit absoluten PMV-Werten von 0,5 – 1,5 („leicht warm“ bis „warm“) als noch relativ angenehm empfunden werden.

Weitere Beeinträchtigungen der thermischen Behaglichkeit sind vor allem im Bereich der **südlichen Weigelstraße** und der **Rathausgasse** zu erwarten. Hier wirkt sich vor allem die Verringerung der Strömungsgeschwindigkeiten aus, welche im Gegensatz zum Bereich nordöstlich der Neubebauungen nicht durch erhöhte Verschattung kompensiert wird. Die Baumneupflanzungen in der mittleren Rathausgasse können die Erhöhung der PMV-Werte nur in geringem Maße kompensieren, erst im ausgewachsenem Stadium der Bäume werden die negativen Auswirkungen der Neubebauung für die mittleren Rathausgasse weitgehend kompensiert werden. Ähnliches lässt sich für den **Kirchplatz**

und den Bereich zwischen "Neuer Mitte" und dem geplanten Gebäude MK2 feststellen, wenn auch in schwächerer Ausprägung. Die Kompensationswirkung von ausgewachsenen, stark Schatten spendenden Bäumen lässt sich an den weitgehend konstant bleibenden Verhältnissen im östlichen Teil der Kollegengasse erkennen.

4.4 Feinstaubkonzentration (PM_{10})

(Kartenteil: M - P)

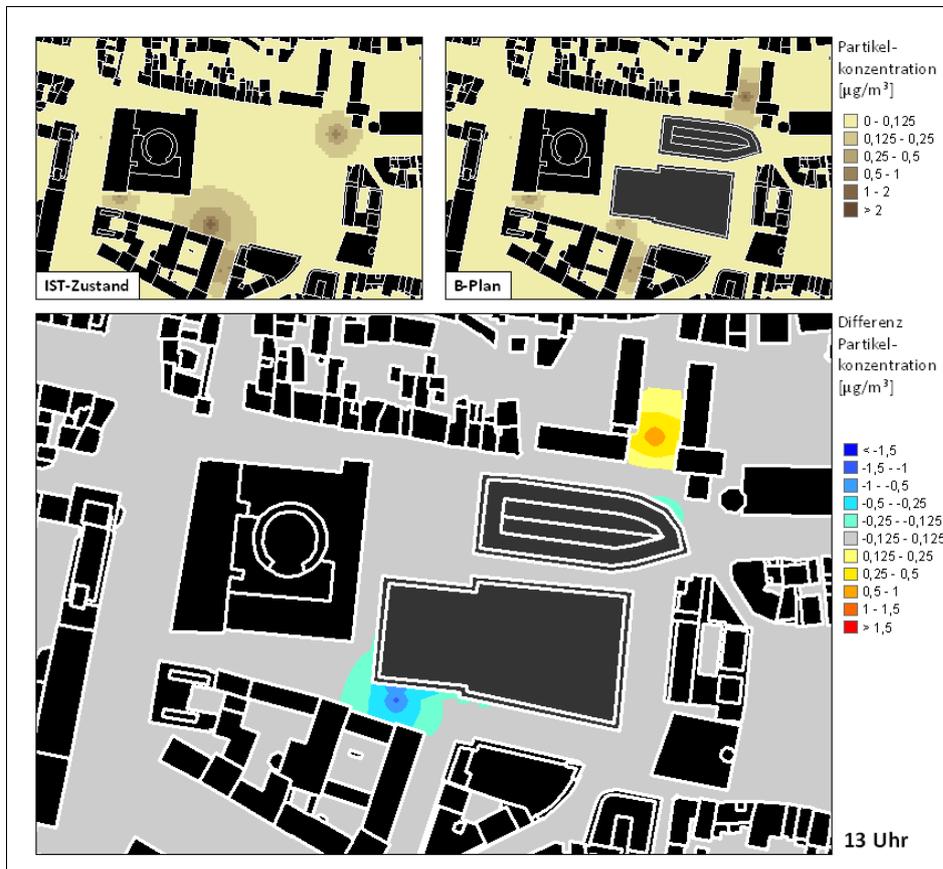


Abb. 8: Die Verteilung der Feinstaubkonzentrationen (PM_{10})

Wie unter 3.1.4 erläutert, wurde zur Ermittlung der aktuellen und künftigen Immissionssituation jeweils von Punktquellen für die Partikel- bzw. Schadstoffemissionen ausgegangen. Die Höhe der Emissionen ist abhängig vom Verkehrsaufkommen und ändert sich im Tagesverlauf. Maxima wurden für den frühen Vormittag und den späteren Nachmittag unterstellt. Diese vereinfachte Annahme von Punktquellen führt in der Modellberechnungen zu einer relativ gleichmäßigen Abnahme der Schadstoffkonzentration von der Punktquelle

nach außen bzw. zu annähernd konzentrischen Verteilungen der Schadstoffkonzentrationen um die jeweilige Punktquelle herum.

Die durch den zu bzw. von den Parkplätzen bzw. Tiefgaragen zu- bzw. abfließenden Verkehr verursachten Immissionen liegen gemäß Modellberechnung dabei unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit deutlich unterhalb jeglicher für Feinstaub relevanten Grenzwerte.

Es ist davon auszugehen, dass in der Realität keine derartig punktuellen Erhöhungen der Feinstaubkonzentrationen auftreten werden. Es erscheint daher auch bei der Auswertung der Partikelkonzentrationen sinnvoll, eine Differenz zwischen der Bebauungsvariante und dem IST-Zustand zu ermitteln und die Ergebnisse dieser Differenzermittlung auszuwerten bzw. zu interpretieren.

Deutlich erkennbar ist, dass sich die Immissionssituation für die Bebauungsvariante gegenüber dem IST-Zustand praktisch **überall verbessert**. Eine Verschlechterung tritt nur im Bereich der **Weigelstraße** auf. Dieser Punkt entspricht der im Bebauungsplan vorgesehenen neuen Tiefgaragenzufahrt, die momentan nicht vorhanden ist.

Die sonst durchgängige Verbesserung der Immissionssituation kann nur mit dem unterstellten geringeren Verkehrsaufkommen erklärt werden. Dieses geringere Verkehrsaufkommen wiederum resultiert aus der, für die bei den in der Tiefgarage unter den Baufeldern MK 2 und MK 3 neu zu schaffenden Tiefgaragenstellplätzen angenommenen geringeren Anzahl von Fahrzeugbewegungen je Stellplatz und Stunde (vgl. Tab. 1 und 2). Sollten sich diese Annahmen als nicht tragfähig erweisen, würde sich die Notwendigkeit ergeben, diese Modellberechnung zu überarbeiten.

Diese, durch das geringere Verkehrsaufkommen begründbare Absenkungen der Feinstaubemissionen ist offenbar deutlich wirksamer als die Einengung des Luftraums, der sich durch die künftige Bebauung ergibt.

5. Zusammenfassung

Zur Einschätzung der mikroklimatischen Unterschiede zwischen der aktuellen und geplanten Bebauung des Eichplatzes wurden mittels des dreidimensionalen numerischen Modells ENVI-met Simulationsrechnungen durchgeführt. Modelliert wurden die Fälle:

1. aktuelle Bebauung
2. Plan-Fall für max. zulässige Bebauung nach B-J 12 „Eichplatz“

Mikroklimatische Unterschiede zwischen den Bebauungszuständen werden vor allem durch die Änderung der Luftströmungsgeschwindigkeit, der Einstrahlungsverhältnisse sowie der thermischen Oberflächeneigenschaften verursacht. Zur Bewertung sollten weniger die Absolutwerte für beide Fälle sondern vorrangig die Differenzen herangezogen werden.

Während sich die Lufttemperatur nur minimal im Gebiet der geplanten Neubebauung verringert, wirkt sich laut Simulation die Neubebauung signifikant auf die Strömungsgeschwindigkeit aus. Weder für die potentielle Lufttemperatur noch für die Strömungsverhältnisse entstehen aber Effekte die über das direkt angrenzende Gebiet hinaus gehen.

Der PMV-Wert, ein Maß für das thermische Behaglichkeitsempfinden, erfährt in Bereichen z.B. des neuen kleinen Eichplatzes und der südlichen Rathausgasse eine z.T. signifikante Verschlechterung, die in erster Linie auf verminderte Strömungsgeschwindigkeiten zurück zu führen ist. Bereiche jeweils nördlich der beiden Baufelder der Neubebauung erhalten durch die Schattenwirkung hingegen positive bioklimatische Effekte. Veränderungen im geplanten Baumbestand könnten hier positive Wirkung zeigen.

Mit Ausnahme des Bereichs der zukünftigen Tiefgaragenzufahrt in der Weigelstraße gibt es momentan keine Anhaltspunkte für eine Verschlechterung der lufthygienischen Situation im Untersuchungsgebiet durch die geplante Bebauung des Eichplatzes. Sämtliche Veränderungen hinsichtlich der Partikelkonzentrationen bewegen sich dabei in einer Größenordnung deutlich unterhalb des zulässigen Grenzwertes.

6. Quellen

- BIWA (2006): Bebauungsplan B-J 12 "Eichplatz" der Stadt Jena.- Gera.
- Fanger, P. O. (1972): Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering.- New York .
- Bruse, M. (2007): Simulating human thermal comfort and resulting usage patterns of urban open spaces with a Multi-agent System.- in: Wittkopf, St. and Tan, B. K. (eds.): Proceedings of the 24th International Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA, p.699-706.
- HBEFA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr.- Infrac, Forschung und Beratung. Bern. -> (zit. in PEUTZ Consult (2009))
- PEUTZ Consult (2009): Lufthygienische Untersuchung zur geplanten Tiefgarage für den Bebauungsplan Nr. 5477/124 "Andreasquartier" in Düsseldorf.- Düsseldorf
- VDI (2008): Richtlinie VDI 3787, Blatt 2: Umweltmeteorologie. Methoden zur human-biometereologischen Bewertung von Klima und Luft-hygiene für die Stadt- und Regionalplanung. Teil 1: Klima.- Düsseldorf