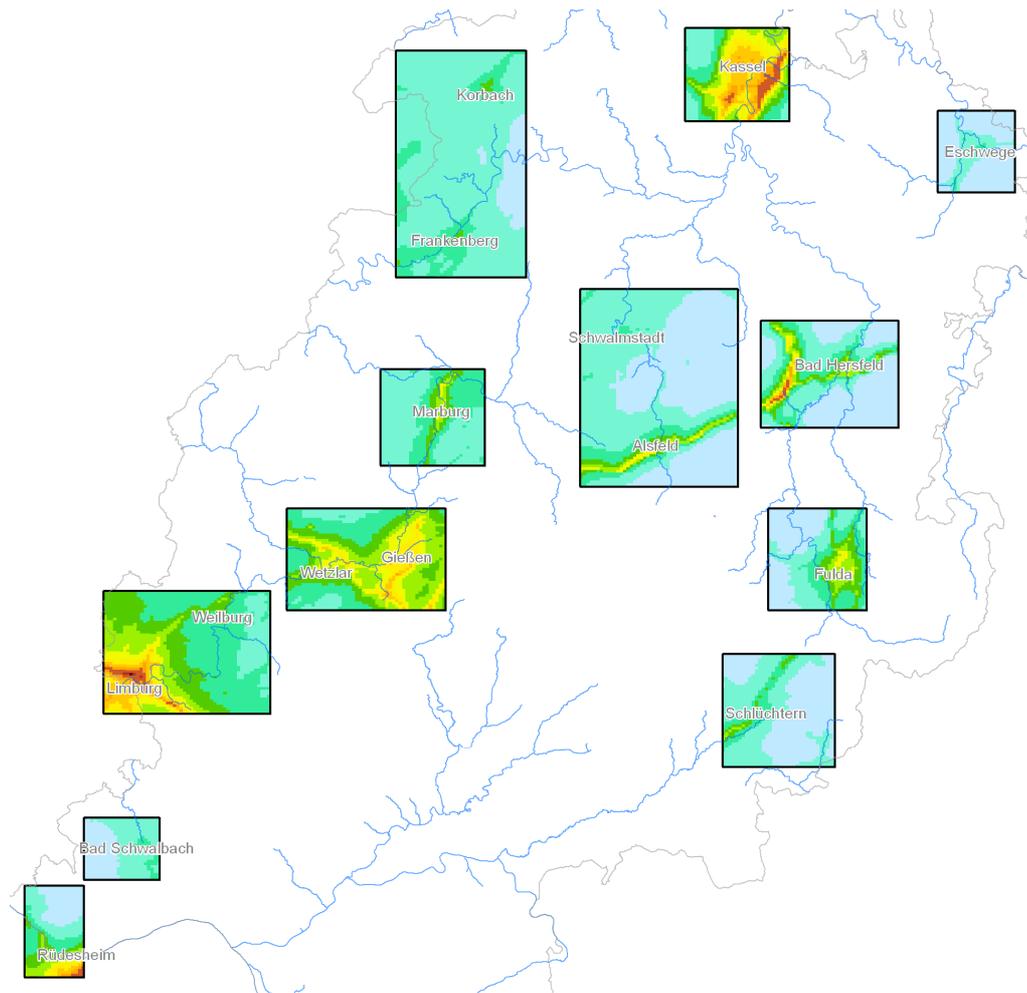


# Endbericht

## Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel



für das

Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie  
Rheingastr. 186  
65203 Wiesbaden

von

IVU Umwelt GmbH  
Emmy-Noether-Str. 2  
79110 Freiburg



in Zusammenarbeit mit

Dr. Rainer Stern

# Endbericht

## Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel

für das

Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie  
Rheingastr. 186  
65203 Wiesbaden

bearbeitet von:

Volker Diegmann  
Florian Pfäfflin  
Heike Wursthorn

IVU Umwelt GmbH  
Emmy-Noether-Str. 2  
D-79110 Freiburg  
Tel: +49 (0) 761 / 88 85 12 - 0  
Fax: +49 (0) 761 / 88 85 12 - 12  
info@ivu-umwelt.de  
www.ivu-umwelt.de

und

Dr. Rainer Stern

Gleimstr. 25  
D-10437 Berlin

Vorgelegt am 17.03.2011

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehensweise</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Untersuchungsgebiete</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Daten</b>	<b>19</b>
4.1	Meteorologische Referenzjahre	19
4.2	Straßengeometrien und Verkehrsdaten	19
4.3	Emissionen	23
4.3.1	Genehmigungsbedürftige Anlagen	23
4.3.2	Gebäudeheizung	23
4.3.3	Straßenverkehr	24
4.3.3.1	Verkehrssituationen im HBEFA 3.1	24
4.3.3.2	Modellierung der Verkehrsqualität	25
4.3.3.3	Netzattributierung	27
4.3.3.4	Emissionsmodellierung	29
4.3.4	Kleingewerbe	30
4.3.5	Biogene Quellen	30
4.3.6	Flugverkehr	30
4.3.6.1	Flughafen Frankfurt Main	30
4.3.6.2	Flughafen Kassel-Calden	31
4.3.7	Schienenverkehr	31
4.3.8	Gesamtemissionen in Hessen	31
4.3.9	Emissionsdaten für lokale Szenariorechnungen	32
4.4	Topographie	33
4.5	Landnutzung	33
<b>5</b>	<b>Modelltechnische Umsetzung</b>	<b>35</b>
5.1	Berechnung der Vorbelastung mit RCG	35
5.1.1	Modellbeschreibung	35
5.1.2	Berechnungsskalen	36
5.1.3	Emissionen	41
5.1.4	Meteorologische Felder	44
5.1.5	Ausbreitungsrechnungen	45
5.2	Berechnung der Zusatz- und Gesamtbelastung mit CPB	46
5.2.1	Modellbeschreibung	46
5.2.2	Photochemisches Modul zur NO <sub>2</sub> -Bestimmung im Straßenraum	47
5.2.3	Überschreitungshäufigkeit des PM <sub>10</sub> -Tagesgrenzwerts	48
5.2.4	Anwendung	51
<b>6</b>	<b>Ergebnisse Vorbelastung</b>	<b>57</b>
6.1	Basisfall 2008	58
6.2	Vergleich mit Messwerten	67

6.3	Szenarien zur Quellgruppenanalyse	70
6.3.1	Überblick	70
6.3.2	Beiträge der hessischen Emissionen	71
6.3.3	Beiträge der Industrie	91
6.3.4	Beiträge der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	111
6.3.5	Beiträge des Kfz-Verkehrs	131
6.3.6	Beiträge der Autobahnen im Modellgebiet Kassel	150
6.3.7	Beiträge des VW-Werks Baunatal im Modellgebiet Kassel	152
6.3.8	Veränderungen durch den Ausbau des Buderus-Werks im Modellgebiet Wetzlar/Gießen	154
6.4	Variation der meteorologischen Bedingungen im Modellgebiet Kassel	157
<b>7</b>	<b>Ergebnisse Zusatz- und Gesamtbelastung</b>	<b>161</b>
7.1	Vergleich mit Messwerten	161
7.2	Basisfall 2008	162
7.2.1	NO <sub>2</sub>	163
7.2.2	PM10	172
7.3	Szenarien	182
7.3.1	Beitrag der Autobahnen im Untersuchungsgebiet Kassel	182
7.3.2	Beitrag des VW-Werks Baunatal im Untersuchungsgebiet Kassel	185
7.3.3	Ausbau des Buderus-Werks im Untersuchungsgebiet Wetzlar/Gießen	188
7.3.4	Variation der meteorologischen Bedingungen im Modellgebiet Kassel	191
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>195</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b>	<b>197</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>201</b>
A.1	Darstellung der Straßenräume	201

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 3-1:	Teilgebiete des Nest 2 und Untersuchungsgebiete	18
Abbildung 4-1:	Lage der Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet	22
Abbildung 4-2:	Klassifizierung der Verkehrssituationen	25
Abbildung 4-3:	Ganglinien des Verkehrs zur LOS-Bestimmung	26
Abbildung 4-4:	Siedlungsstrukturelle Prägung	28
Abbildung 4-5:	RCG-Landnutzung in der Umgebung von Kassel	34
Abbildung 5-1:	Europaweites RCG-Modellgebiet	37
Abbildung 5-2:	RCG-Modellgebiet für Hessen und die umliegenden Bundesländer	38
Abbildung 5-3:	Teilgebiete und Untersuchungsgebiete	39
Abbildung 5-4:	Emissionsdaten für NO <sub>x</sub> und PM <sub>10</sub>	43
Abbildung 5-5:	Statistischer Zusammenhang zwischen Jahresmittelwert und Anzahl Tage mit einem PM <sub>10</sub> -Tagesmittelwert über 50 µg/m <sup>3</sup>	49
Abbildung 6-1:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	59
Abbildung 6-2:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	60
Abbildung 6-3:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	61
Abbildung 6-4:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	62
Abbildung 6-5:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	63
Abbildung 6-6:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	64
Abbildung 6-7:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	65
Abbildung 6-8:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	66
Abbildung 6-9:	Vergleich von Messwerten mit der modellierten Vorbelastung	70
Abbildung 6-10:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Emissionsquellen in Hessen	72
Abbildung 6-11:	Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	73
Abbildung 6-12:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Emissionsquellen in Hessen	74
Abbildung 6-13:	Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	75
Abbildung 6-14:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Emissionsquellen in Hessen	76
Abbildung 6-15:	Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	77
Abbildung 6-16:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim verursacht durch Emissionsquellen in Hessen	78
Abbildung 6-17:	Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	79
Abbildung 6-18:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Emissionsquellen in Hessen	82
Abbildung 6-19:	Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	83

Abbildung 6-20:	PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Emissionsquellen in Hessen	84
Abbildung 6-21:	Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	85
Abbildung 6-22:	PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Emissionsquellen in Hessen	86
Abbildung 6-23:	Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	87
Abbildung 6-24:	PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim verursacht durch Emissionsquellen in Hessen	88
Abbildung 6-25:	Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	89
Abbildung 6-26:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Industrie	92
Abbildung 6-27:	Relativer Anteil der Industrie an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	93
Abbildung 6-28:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Industrie	94
Abbildung 6-29:	Relativer Anteil der Industrie an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	95
Abbildung 6-30:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Industrie	96
Abbildung 6-31:	Relativer Anteil der Industrie an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	97
Abbildung 6-32:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim verursacht durch Industrie	98
Abbildung 6-33:	Relativer Anteil der Industrie an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	99
Abbildung 6-34:	PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Industrie	102
Abbildung 6-35:	Relativer Anteil der Industrie an der PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	103
Abbildung 6-36:	PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Industrie	104
Abbildung 6-37:	Relativer Anteil der Industrie an der PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	105
Abbildung 6-38:	PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Industrie	106
Abbildung 6-39:	Relativer Anteil der Industrie an der PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	107
Abbildung 6-40:	PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim verursacht durch Industrie	108
Abbildung 6-41:	Relativer Anteil der Industrie an der PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	109
Abbildung 6-42:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	112
Abbildung 6-43:	Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	113

Abbildung 6-44:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	114
Abbildung 6-45:	Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	115
Abbildung 6-46:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	116
Abbildung 6-47:	Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	117
Abbildung 6-48:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	118
Abbildung 6-49:	Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	119
Abbildung 6-50:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	122
Abbildung 6-51:	Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	123
Abbildung 6-52:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	124
Abbildung 6-53:	Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	125
Abbildung 6-54:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	126
Abbildung 6-55:	Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	127
Abbildung 6-56:	PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher	128
Abbildung 6-57:	Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der PM <sub>10</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	129
Abbildung 6-58:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Kfz-Verkehr	132
Abbildung 6-59:	Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	133
Abbildung 6-60:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Kfz-Verkehr	134
Abbildung 6-61:	Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	135
Abbildung 6-62:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Kfz-Verkehr	136
Abbildung 6-63:	Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	137

Abbildung 6-64:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim verursacht durch Kfz-Verkehr	138
Abbildung 6-65:	Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	139
Abbildung 6-66:	PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Kfz-Verkehr	142
Abbildung 6-67:	Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach	143
Abbildung 6-68:	PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Kfz-Verkehr	144
Abbildung 6-69:	Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar	145
Abbildung 6-70:	PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Kfz-Verkehr	146
Abbildung 6-71:	Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern	147
Abbildung 6-72:	PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim verursacht durch Kfz-Verkehr	148
Abbildung 6-73:	Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdesheim	149
Abbildung 6-74:	NO <sub>2</sub> - und PM10-Vorbelastung in Kassel verursacht durch Autobahnen absolut und relativ	151
Abbildung 6-75:	NO <sub>2</sub> - und PM10-Vorbelastung in Kassel verursacht durch das VW-Werk Baunatal absolut und relativ	153
Abbildung 6-76:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastungsänderung in Wetzlar durch den Ausbau des Buderus-Werks absolut und relativ	155
Abbildung 6-77:	PM10-Vorbelastungsänderung in Wetzlar durch den Ausbau des Buderus-Werks absolut und relativ	156
Abbildung 6-78:	NO <sub>2</sub> -Vorbelastung in Kassel bei meteorologischen Bedingungen 2008 und 2005 und Unterschiede bezogen auf 2008	158
Abbildung 6-79:	PM10-Vorbelastung in Kassel bei meteorologischen Bedingungen 2008 und 2005 und Unterschiede bezogen auf 2008	159
Abbildung 7-1:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO <sub>2</sub> absolut im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg	168
Abbildung 7-2:	Verursacheranteile NO <sub>2</sub> relativ im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg	169
Abbildung 7-3:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO <sub>2</sub> absolut im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar	170
Abbildung 7-4:	Verursacheranteile NO <sub>2</sub> relativ im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar	171
Abbildung 7-5:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 absolut im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg	178
Abbildung 7-6:	Verursacheranteile PM10 relativ im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg	179
Abbildung 7-7:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 absolut im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar	180
Abbildung 7-8:	Verursacheranteile PM10 relativ im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar	181
Abbildung 7-9:	Absolute NO <sub>2</sub> -Änderung im Szenario Autobahnen in Kassel	183

Abbildung 7-10:	Relative NO <sub>2</sub> -Änderung im Szenario Autobahnen in Kassel	183
Abbildung 7-11:	Absolute PM10-Änderung im Szenario Autobahnen in Kassel	184
Abbildung 7-12:	Relative PM10-Änderung im Szenario Autobahnen in Kassel	184
Abbildung 7-13:	Absolute NO <sub>2</sub> -Änderung im Szenario VW-Werk Baunatal in Kassel	186
Abbildung 7-14:	Relative NO <sub>2</sub> -Änderung im Szenario im Szenario VW-Werk Baunatal in Kassel	186
Abbildung 7-15:	Absolute PM10-Änderung im Szenario VW-Werk Baunatal in Kassel	187
Abbildung 7-16:	Relative PM10-Änderung im Szenario im Szenario VW-Werk Baunatal in Kassel	187
Abbildung 7-17:	Absolute NO <sub>2</sub> -Änderung im Szenario Ausbau Buderuswerk in Wetzlar	189
Abbildung 7-18:	Relative NO <sub>2</sub> -Änderung im Szenario Ausbau Buderuswerk in Wetzlar	189
Abbildung 7-19:	Absolute PM10-Änderung im Szenario Ausbau Buderuswerk in Wetzlar	190
Abbildung 7-20:	Relative PM10-Änderung im Szenario Ausbau Buderuswerk in Wetzlar	190
Abbildung 7-21:	Absolute NO <sub>2</sub> -Änderung im Szenario Meteorologie 2005 in Kassel	192
Abbildung 7-22:	Relative NO <sub>2</sub> -Änderung im Szenario Meteorologie 2005 in Kassel	192
Abbildung 7-23:	Absolute PM10-Änderung im Szenario Meteorologie 2005 in Kassel	193
Abbildung 7-24:	Relative PM10-Änderung im Szenario Meteorologie 2005 in Kassel	193
Abbildung A-1:	Straßenraum Querschnitt - ID1	201
Abbildung A-2:	Straßenraum Querschnitt - ID2	202
Abbildung A-3:	Straßenraum Querschnitt - ID3	202
Abbildung A-4:	Straßenraum Querschnitt - ID4	203
Abbildung A-5:	Straßenraum Querschnitt - ID5	203
Abbildung A-6:	Straßenraum Querschnitt - ID6	204
Abbildung A-7:	Straßenraum Querschnitt - ID7	204
Abbildung A-8:	Straßenraum Querschnitt - ID8	205
Abbildung A-9:	Straßenraum Querschnitt - ID9	205
Abbildung A-10:	Straßenraum Querschnitt - ID10	206
Abbildung A-11:	Straßenraum Querschnitt - ID11	206
Abbildung A-12:	Straßenraum Querschnitt - ID12	207
Abbildung A-13:	Straßenraum Querschnitt - ID13	207
Abbildung A-14:	Straßenraum Querschnitt - ID14	208
Abbildung A-15:	Straßenraum Querschnitt - ID15	208
Abbildung A-16:	Straßenraum Querschnitt - ID16	209
Abbildung A-17:	Straßenraum Querschnitt - ID17	209
Abbildung A-18:	Straßenraum Querschnitt - ID18	210
Abbildung A-19:	Straßenraum Querschnitt - ID19	210
Abbildung A-20:	Straßenraum Querschnitt - ID20	211
Abbildung A-21:	Straßenraum Querschnitt - ID21	211
Abbildung A-22:	Straßenraum Querschnitt - ID22	212
Abbildung A-23:	Straßenraum Querschnitt - ID23	212

Abbildung A-24:	Straßenraum Querschnitt - ID24	213
Abbildung A-25:	Straßenraum Querschnitt - ID25	213
Abbildung A-26:	Straßenraum Querschnitt - ID26	214
Abbildung A-27:	Straßenraum Querschnitt - ID27	214
Abbildung A-28:	Straßenraum Querschnitt - ID28	215
Abbildung A-29:	Straßenraum Querschnitt - ID29	215
Abbildung A-30:	Straßenraum Querschnitt - ID30	216
Abbildung A-31:	Straßenraum Querschnitt - ID31	216
Abbildung A-32:	Straßenraum Querschnitt - ID32	217
Abbildung A-33:	Straßenraum Querschnitt - ID33	217
Abbildung A-34:	Straßenraum Querschnitt - ID34	218
Abbildung A-35:	Straßenraum Querschnitt - ID35	218
Abbildung A-36:	Straßenraum Querschnitt - ID36	219
Abbildung A-37:	Straßenraum Querschnitt - ID37	219
Abbildung A-38:	Straßenraum Querschnitt - ID38	220
Abbildung A-39:	Straßenraum Querschnitt - ID39	220
Abbildung A-40:	Straßenraum Querschnitt - ID40	221
Abbildung A-41:	Straßenraum Querschnitt - ID41	221
Abbildung A-42:	Straßenraum Querschnitt - ID42	222
Abbildung A-43:	Straßenraum Querschnitt - ID43	222
Abbildung A-44:	Straßenraum Querschnitt - ID44	223
Abbildung A-45:	Straßenraum Querschnitt - ID45	223
Abbildung A-46:	Straßenraum Querschnitt - ID46	224
Abbildung A-47:	Straßenraum Querschnitt - ID47	224
Abbildung A-48:	Straßenraum Querschnitt - ID48	225
Abbildung A-49:	Straßenraum Querschnitt - ID49	225
Abbildung A-50:	Straßenraum Querschnitt - ID50	226
Abbildung A-51:	Straßenraum Querschnitt - ID51	226
Abbildung A-52:	Straßenraum Querschnitt - ID52	227
Abbildung A-53:	Straßenraum Querschnitt - ID53	227
Abbildung A-54:	Straßenraum Querschnitt - ID54	228
Abbildung A-55:	Straßenraum Querschnitt - ID55	228
Abbildung A-56:	Straßenraum Querschnitt - ID56	229
Abbildung A-57:	Straßenraum Querschnitt - ID57	229
Abbildung A-58:	Straßenraum Querschnitt - ID58	230
Abbildung A-59:	Straßenraum Querschnitt - ID59	230
Abbildung A-60:	Straßenraum Querschnitt - ID60	231
Abbildung A-61:	Straßenraum Querschnitt - ID61	231
Abbildung A-62:	Straßenraum Querschnitt - ID62	232
Abbildung A-63:	Straßenraum Querschnitt - ID63	232
Abbildung A-64:	Straßenraum Querschnitt - ID64	233
Abbildung A-65:	Straßenraum Querschnitt - ID65	233
Abbildung A-66:	Straßenraum Querschnitt - ID66	234
Abbildung A-67:	Straßenraum Querschnitt - ID67	234
Abbildung A-68:	Straßenraum Querschnitt - ID68	235
Abbildung A-69:	Straßenraum Querschnitt - ID69	235
Abbildung A-70:	Straßenraum Querschnitt - ID70	236
Abbildung A-71:	Straßenraum Querschnitt - ID71	236
Abbildung A-72:	Straßenraum Querschnitt - ID72	237
Abbildung A-73:	Straßenraum Querschnitt - ID73	237

Abbildung A-74:	Straßenraum Querschnitt – ID74	238
Abbildung A-75:	Straßenraum Querschnitt – ID75	238
Abbildung A-76:	Straßenraum Querschnitt – ID76	239
Abbildung A-77:	Straßenraum Querschnitt – ID77	239
Abbildung A-78:	Straßenraum Querschnitt – ID78	240
Abbildung A-79:	Straßenraum Querschnitt – ID79	240
Abbildung A-80:	Straßenraum Querschnitt – ID80	241
Abbildung A-81:	Straßenraum Querschnitt – ID81	241
Abbildung A-82:	Straßenraum Querschnitt – ID82	242
Abbildung A-83:	Straßenraum Querschnitt – ID83	242
Abbildung A-84:	Straßenraum Querschnitt – ID84	243
Abbildung A-85:	Straßenraum Querschnitt – ID85	243
Abbildung A-86:	Straßenraum Querschnitt – ID86	244
Abbildung A-87:	Straßenraum Querschnitt – ID87	244

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 4-1:	Lage der 87 Straßenabschnitte	20
Tabelle 4-2:	Kapazitäten zur LOS-Berechnung je Straßentyp	27
Tabelle 4-3:	Schwellwerte der Kapazitätsauslastung für den LOS-Übergang	27
Tabelle 4-4:	Gesamtemissionen und Anteile der Quellgruppen im Untersuchungsgebiet	32
Tabelle 4-5:	Emissionen für lokale Szenariorechnungen	33
Tabelle 5-1:	Geographische Grenzen der Modellgebiete Nest 0, 1 und 2	40
Tabelle 5-2:	Geographische Grenzen der Untersuchungsgebiete (Nest 3)	41
Tabelle 5-3:	Parameter der 87 Straßenabschnitte	52
Tabelle 5-4:	Weitere Parameter der 87 Straßenabschnitte	54
Tabelle 6-1:	Maximale Vorbelastungskonzentrationen 2008 in den Untersuchungsgebieten	58
Tabelle 6-2:	Gemessene und modellierte NO <sub>2</sub> - und PM <sub>10</sub> -Jahresmittelwerte	69
Tabelle 6-3:	Szenario hessische Emissionen: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung	71
Tabelle 6-4:	Szenario Industrie: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung	91
Tabelle 6-5:	Szenario Gebäudeheizung und Kleinverbraucher: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung	111
Tabelle 6-6:	Szenario Kfz-Verkehr: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung	131
Tabelle 6-7:	Szenario Autobahnemissionen in Kassel: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung	150
Tabelle 6-8:	Szenario VW-Werk Baunatal: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung	152
Tabelle 6-9:	Szenario Ausbau Buderus-Werk: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung	154
Tabelle 6-10:	Änderung der Vorbelastung durch den Wechsel des meteorologischen Referenzjahres von 2008 auf 2005	157
Tabelle 7-1:	Vergleich von Messwerten 2008 mit der modellierten Gesamtbelastung	161
Tabelle 7-2:	Vergleich von PM <sub>10</sub> -Tagesgrenzwertüberschreitungen 2008 aus Messwerten mit aus der Modellierung abgeleiteten Werten	162
Tabelle 7-3:	Gegenüberstellung von angepassten Messwerten der Passivsammler mit der modellierten Gesamtbelastung	162
Tabelle 7-4:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO <sub>2</sub> absolut im Basisfall in µg/m <sup>3</sup> für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg	164
Tabelle 7-5:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO <sub>2</sub> relativ im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg	165
Tabelle 7-6:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO <sub>2</sub> absolut im Basisfall in µg/m <sup>3</sup> für Kassel, Marburg und Wetzlar	166
Tabelle 7-7:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO <sub>2</sub> relativ im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar	167
Tabelle 7-8:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM <sub>10</sub> absolut im Basisfall in µg/m <sup>3</sup> für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg	174

Tabelle 7-9:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 relativ im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg	175
Tabelle 7-10:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 absolut im Basisfall in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für Kassel, Marburg und Wetzlar	176
Tabelle 7-11:	Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 relativ im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar	177



# 1 Einführung

Um den gesetzlichen Vorgaben für Maßnahmenfestlegungen in Luftreinhalteplänen zu entsprechen, sind die Verursacheranteile der jeweiligen Emittentengruppe an der Immissionsbelastung zu ermitteln (39. BImSchV, 2010).

In den Jahren 2005/2006 wurden von IVU Umwelt für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) die Projekte "Ausbreitungsrechnungen zum Luftreinhalteplan Lahn-Dill" und „Ausbreitungsrechnungen mit dem RCG/CPB-Modell als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Kassel“ (IVU UMWELT, 2006A, 2006B) bearbeitet. In den vergangenen fünf Jahren hat sich die Emissionssituation in diesen Gebieten geändert, und die o. g. Arbeiten waren, insbesondere im Hinblick auf die aktualisierten Emissionskataster, fortzuschreiben und auf zusätzliche Gebiete und Straßenabschnitte auszuweiten.

Dieser Bericht beschreibt die Anwendung von Ausbreitungsmodellen auf die Region Mittel- und Nordhessen. Es wurden 2 Modelle eingesetzt:

- Die Vorbelastung wurde mit dem dreidimensionalen chemischen Transportmodell REM/CALGRID (RCG) berechnet. Die Entwicklung dieses Modells und die Anwendung in der großräumigen Skala sind in STERN (2003A) beschrieben. REM/CALGRID wird zur Bestimmung der Luftqualität in der europaweiten und der nationalen Raumskala in einer Auflösung von ca.  $30 \cdot 30 \text{ km}^2$  und in der urbanen Raumskala (Ballungsgebiet) bis zu einer Auflösung von ca.  $1 \cdot 1 \text{ km}^2$  und darunter verwendet. Die aus dem großräumigen Modell berechnete Hintergrundbelastung wird als Randbedingung für die urbane Skala verwendet („one-way-nesting“).
- Die Zusatz- und Gesamtbelastung in den Straßenabschnitten wurde mit dem Canyon-Plume-Box-Modell (CPB) berechnet. Das CPB-Modell (YAMARTINO & WIEGAND, 1986; IVU, 1996A; IVU, 1996B) ist ein 2-dimensionales analytisch-empirisches Modell, mit dem die Luftschadstoffimmissionen in einer Straßenschlucht berechnet werden können. Die Vorbelastung wird dazu von den urbanen Ausbreitungsrechnungen bereit gestellt („one-way-nesting“).

Mit Hilfe der beiden Modelle wurden die Beiträge der hessischen Emissionen an der Luftbelastung in verschiedenen Städten und Gemeinden in Nord- und Mittelhessen bestimmt. Diese rechnerisch bestimmten Beiträge einzelner Verursacherguppen sollen bei der Erarbeitung von Luftreinhalteplänen verwendet werden und eine quantitative Abschätzung der Wirksamkeit möglicher Maßnahmen bezüglich einer Verbesserung der Luftqualität ermöglichen.

Im Blickpunkt des Interesses steht dabei die PM<sub>10</sub>- und die NO<sub>2</sub>-Belastung, da für beide Stoffe in vielen Teilen Deutschlands bestehende Grenzwerte der EU-Richtlinie 2008/50/EG (EU, 2008) bzw. der Umsetzung in deutsches Recht in Form der 39. BImSchV (2010) nicht eingehalten werden können.

## Anmerkung:

Im Text wird der Punkt als Dezimaltrennzeichen verwendet.



## 2 Vorgehensweise

Als Beitrag zur Ursachenanalyse für die Luftreinhaltung wurden für verschiedene Gemeinden bzw. Straßenabschnitte in Mittel- und Nordhessen Ausbreitungsrechnungen zur Bestimmung der NO<sub>2</sub>- und PM10-Belastung für das Bezugsjahr 2008 durchgeführt. Die betrachteten 16 Gemeinden sind

- Alsfeld,
- Bad Hersfeld,
- Bad Schwalbach,
- Eschwege,
- Frankenberg,
- Fulda,
- Gießen,
- Kassel,
- Korbach,
- Limburg,
- Marburg,
- Rüdeshcim,
- Schlüchtern,
- Schwalmstadt,
- Weilburg und
- Wetzlar.

Die Ausbreitungsrechnungen gliedern sich in 3 Teile:

- Berechnung des europäischen, des überregionalen und des regionalen NO<sub>2</sub>- und PM10-Hintergrunds für die zu untersuchenden Städte mit dem RCG-Modell (s. Abschnitt 5.1).
- Berechnung des urbanen Hintergrunds für die zu untersuchenden Straßenabschnitte mit dem RCG-Modell (s. Abschnitt 5.1).
- Bestimmung der Schadstoffbelastung in insgesamt 87 zu untersuchenden Straßenabschnitten mit dem CPB-Modell (s. Abschnitt 5.2).

Zusätzlich zur Basisuntersuchung wurden die Beiträge aller hessischen Emissionen, der Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung und Kleinverbraucher sowie Kfz-Verkehr bestimmt. Weitere Szenarien betreffen den Autobahnverkehr im Untersuchungsgebiet Kassel sowie einzelne Industrieanlagen in den Gebieten Kassel und Wetzlar.

Um den Einfluss der Meteorologie exemplarisch abzuschätzen wurde schließlich für das Untersuchungsgebiet Kassel ein Szenario für das meteorologische Referenzjahr 2005 berechnet.

Insgesamt wurden berechnet:

- Basislauf für das meteorologische Referenzjahr 2008,
- Szenario I: wie Basislauf, aber keine Emissionen in Hessen,
- Szenario II: wie Basislauf, aber keine Emissionen der Quellgruppe Industrie in Hessen,

- Szenario III: wie Basislauf, aber keine Emissionen der Quellgruppe Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen sowie
- Szenario IV: wie Basislauf, aber keine Emissionen der Quellgruppe Kfz-Verkehr in Hessen.

Die Anwendung des RCG-Modells erfolgte für den Basislauf in den 4 Skalen

- europäische Skala (Nest 0),
- überregionale Skala (Hessen und umliegende Bundesländer, Nest 1),
- regionale Skala (Nest 2) und
- urbane Skala (Nest 3).

Die europaweite Rechnung liefert die Hintergrundkonzentrationen für die überregionale Skala Hessen und umliegende Bundesländer. Die überregionale Rechnung liefert die Hintergrundkonzentrationen für die regionale Skala und die Rechnung für die regionale Skala die Hintergrundkonzentrationen für die urbane Skala (s. Abschnitt 5.1.2).

Die Szenarien I bis IV wurden nur in der überregionalen, der regionalen und der urbanen Skala umgesetzt, da die europäische Skala von den betrachteten Szenarien nicht betroffen ist.

Weitere betrachtete Szenarien waren:

- Szenario Autobahnemissionen im Modellgebiet Kassel (wie Basislauf, aber keine Emissionen der hessischen Autobahnen im Modellgebiet Kassel)
- Szenario VW-Werk Baunatal im Modellgebiet Kassel (wie Basislauf, aber keine Emissionen des VW-Werks Baunatal) und
- Szenario Ausbau Buderus-Werk im Modellgebiet Wetzlar/Gießen (wie Basislauf, aber geänderte Emissionen des Buderus-Werks).

Diese Szenarien betreffen nur die jeweiligen Nester 3 und wurden daher auch nur in diesen Nestern berechnet.

Für das Szenario auf Basis der meteorologischen Bedingungen 2005 im Modellgebiet Kassel wurden

- die europäische Skala (Nest 0),
- die überregionale Skala (Hessen und umliegende Bundesländer, Nest 1),
- die regionale Skala für den Bereich Kassel (Nest 2) und
- die urbane Skala für Kassel (Nest 3)

berechnet.

Der Einfluss der Szenarien auf die Immissionsbelastung wurde sowohl flächenhaft für die verschiedenen Gemeinden als auch lokal für die ausgewählten Straßenräume betrachtet. Dabei wurde die Immissionsbelastung in Straßenräumen als Summe der mit dem RCG-Modell berechneten Vorbelastung im urbanen Hintergrund und der mit dem CPB-Modell berechneten Zusatzbelastung, die durch die Kfz-Emissionen im Straßenraum erzeugt wird, bestimmt.

In einem vorgelagerten Arbeitsschritt waren zunächst die Emissionen des Kfz-Verkehrs in Hessen auf Basis des aktuellen Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA) zu berechnen.

### 3 Untersuchungsgebiete

Die Vorbelastung für die Straßenabschnitte wurde mit dem chemischen Transportmodell RCG berechnet, das auf mehreren, ineinander geschachtelten räumlichen Skalen operiert. Das RCG-Modell und dessen räumliche Berechnungsskalen sind im Detail in Abschnitt 5.1 beschrieben.

Da die zu untersuchenden 16 Gemeinden zum Teil sehr weit aus einander liegen, mussten im Rahmen der geschachtelten Anwendung des RCG-Modells für die regionale Skala (Nest 2) mehrere Teilgebiete definiert werden, die jeweils zwei bis vier der eigentlichen Untersuchungsgebiete der urbanen Skala (Nest 3) beinhalten:

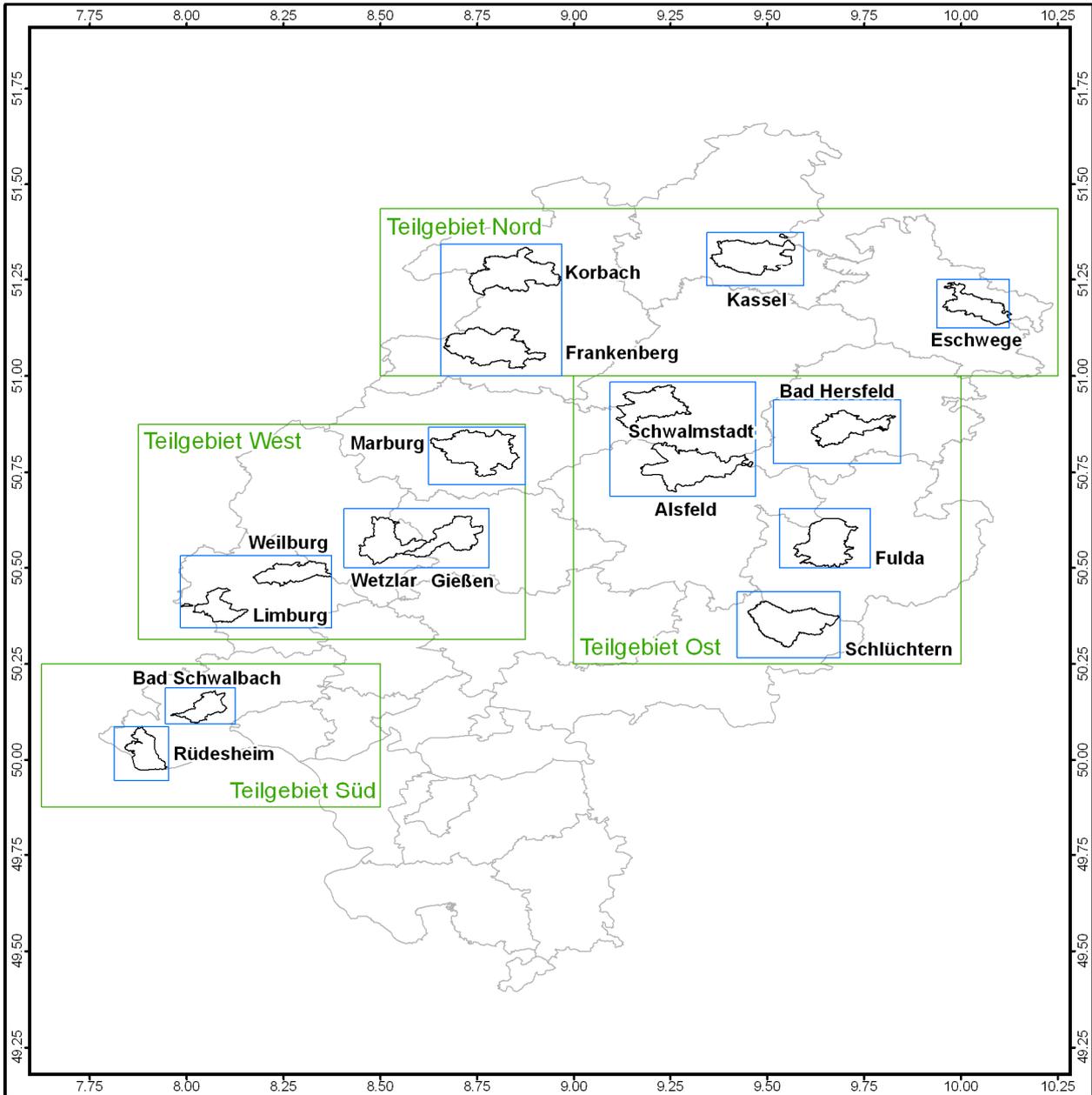
- Teilgebiet „Nord“ mit den Gemeinden, Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach
- Teilgebiet „West“ mit den Gemeinden Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar,
- Teilgebiet „Ost“ mit den Gemeinden Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern sowie
- Teilgebiet „Süd“ mit den Gemeinden Bad Schwalbach und Rüdesheim.

Da hingegen manche der zu untersuchenden Gemeinden direkt benachbart sind bzw. sehr nahe beieinander liegen, wurden für die Gemeinden Frankenberg und Korbach, Limburg und Weilburg, Wetzlar und Gießen sowie Alsfeld und Schwalmstadt jeweils kombinierte Untersuchungsgebiete definiert die jeweils die beiden Gemeinden beinhalten.

In Abbildung 3-1 sind die vier Teilgebiete des Nest 2 sowie die eigentlichen Untersuchungsgebiete des Nest 3 in geographischen Koordinaten dargestellt. Die genauen Gebietsgrenzen finden sich in Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 im Rahmen der Modellbeschreibung.

Die zu untersuchenden 87 Straßenabschnitte befinden sich in den folgenden acht Gemeinden

- Bad Schwalbach,
- Eschwege,
- Fulda,
- Gießen,
- Kassel,
- Limburg,
- Marburg und
- Wetzlar.



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Untersuchungsgebiete**

Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

  Gemeinden       Untersuchungsgebiete  
  Landkreise       Teilgebiete Nest 2

N  
 0 5 10 20 30 40 50 km

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLU: ATKIS © Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 3-1: Teilgebiete des Nest 2 und Untersuchungsgebiete für die betrachteten 16 Gemeinden in geographischen Koordinaten**

## 4 Daten

### 4.1 Meteorologische Referenzjahre

Als meteorologisches Referenzjahr für die Berechnungen wurde vom HLUG das Jahr 2008 festgelegt, das dem Bezugsjahr der Emissionsdaten (2008, siehe Abschnitt 4.2) entspricht. Zusätzlich wurde für Szenarioberechnungen zur Ermittlung des Einflusses der Meteorologie das meteorologische Bezugsjahr 2005 verwendet.

Die für dieses Bezugsjahr erzeugten meteorologischen Felder sind im Rahmen der Modellbeschreibung in Abschnitt 5.1.4 näher beschrieben.

### 4.2 Straßengeometrien und Verkehrsdaten

Die Lage der 87 zu untersuchenden Straßenräume in den acht Gemeinden Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen, Kassel, Limburg, Marburg und Wetzlar und die Daten zu den Straßenraumgeometrien sowie die zugehörigen Verkehrsdaten (die aus verschiedenen Bezugsjahren stammen) und Verkehrssituationen wurden teilweise von den Kommunen an das HLUG geliefert und dem Auftragnehmer vom HLUG bereitgestellt. Sie wurden vom Auftragnehmer, soweit möglich, in Abstimmung mit dem HLUG auf Plausibilität geprüft und gegebenenfalls ergänzt oder korrigiert.

Die Lagebeschreibung und die Kfz-Belastung der 87 Abschnitte finden sich in Tabelle 4-1. Zusätzliche Daten, die die Abschnitte beschreiben bzw. weitere Detaillierungen finden sich in Tabelle 5-3 und Tabelle 5-4 in Abschnitt 5.2 und als Querschnittsdarstellung der Straßenräume im Anhang. Aus drucktechnischen Gründen wurde in allen Tabellen und Abbildungen zu den 87 Straßenabschnitten in den Abschnitten 4.2, 5.2 und 7 die Reihenfolge der Gemeinden Limburg und Kassel getauscht, so dass keine Seitenumbrüche innerhalb einer Gemeinde entstehen. Die Lage der Straßenabschnitte in den sieben Städten des Untersuchungsgebiets ist in Abbildung 4-1 dargestellt.

**Tabelle 4-1: Lage der 87 Straßenabschnitte**

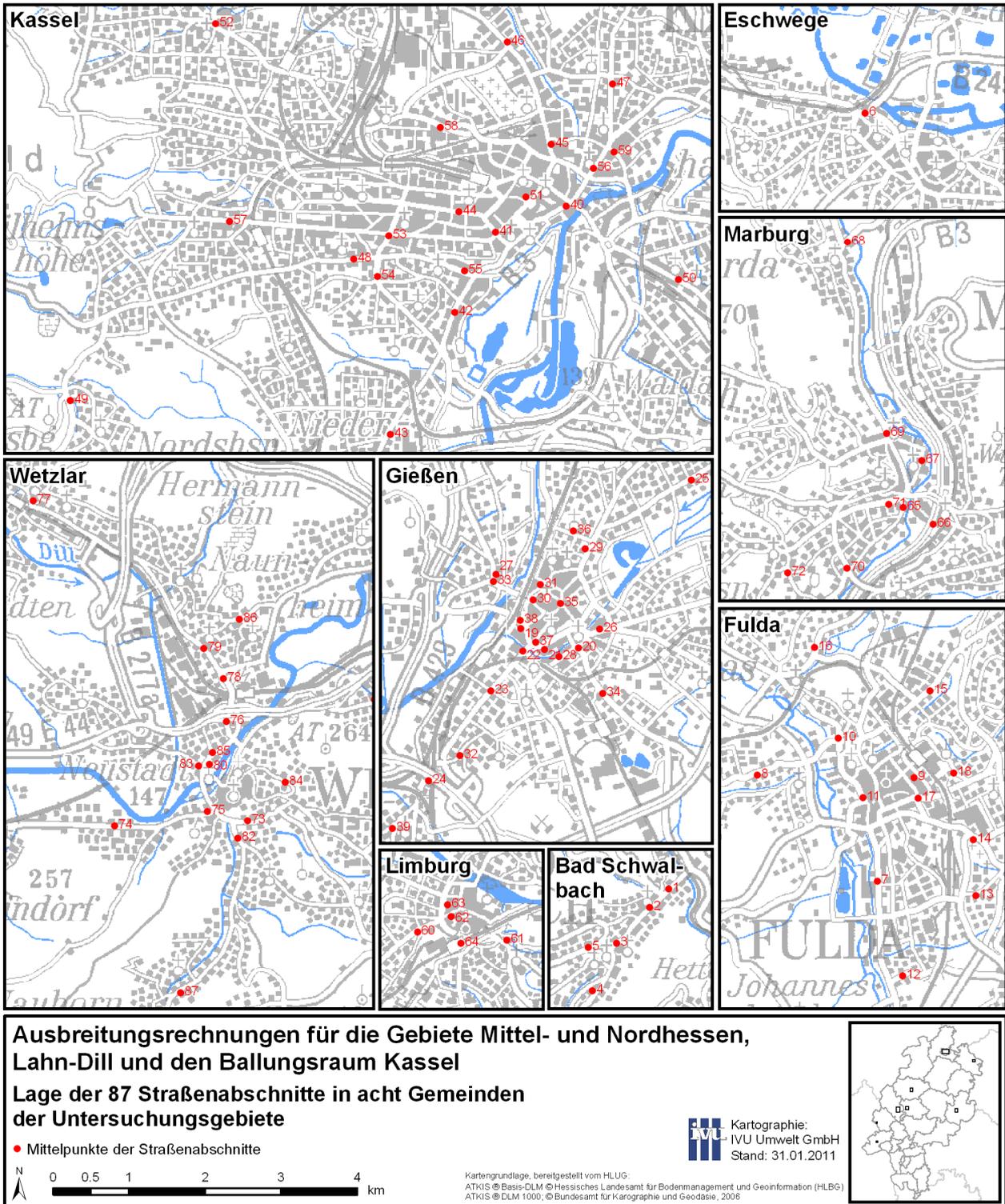
ID	Stadt	Straße	Zwischen...	und...	DTV
1		Bahnhofstr.	Im Grund	Hammerweg	11'100
2	Bad	Adolfstr.	Rudolf-Höhn-Str.	Mühlweg	11'683
3	Schwal-	Adolfstr.	Koblenzer Str.	Verbindungsstr.	10'825
4	bach	Rheinstr./Am Kurpark	Eichendorffstr.	Ruhlebenstr.	25'800
5		Reitallee/Am Kurpark	Königsberger Str.	Kirchstr.	10'650
6	Eschwege	Niederhorner Str.	Max-Woelm-Str.	Hindenlangstr.	15'271
7		Frankfurter Str. 16	Wallweg	Im Fischfeld	17'000
8		Haimbacher Str. 38	Elisabeth-Selber-Str.	Windhorststr.	11'500
9		Heinrichstr. 33	Bahnhofstr.	Nikolausstr.	6'700
10		Horaser Weg 40	Gartau	Weimarer Str.	8'000
11		Königstr. 52	Mühlenstr.	Robert-Kirchner-Str.	4'000
12	Fulda	Kohlhäuser Str. 121	Ortesweg	Marienplatz	5'100
13		Kreuzbergstr. 27	Maulkuppenstr.	Habelbergstr.	7'500
14		Künzeller Str. 93	Heidelsteinstr.	Michael-Henkel-Str.	12'400
15		Leipziger Str. 94	Bosestr.	Moltkestr.	16'800
16		Niesiger Str. 23	Mackenrodtstr.	An der Steingrube	10'400
17		Petersberger Str. 24-26	Lindenstr.	Heinrichstr.	24'100
18		Ziehser Weg 43	Drostestr	An Rinnweg	8'800
19		Bahnhofstr. 53	Flutgraben	Westanlage	6'300
20		Bismarckstr. 22	Ludwigstr.	Stephanstr.	9'700
21		Bleichstr. 9	Südanlage	Lonystr.	8'800
22		Frankfurter Str. 11	Liebigstr.	Alicenstr.	11'800
23		Frankfurter Str. 72	Hillebrandstr.	Klinikstr.	12'600
24		Frankfurter Str. 215	Bernhardtstr.	B 49	12'400
25		Gießener Str. 128	Grabenstr.	Am Steinkreuz	8'700
26		Grünberger Str. 10	Gutenbergstr.	Am Brennofen	23'700
27		Krofdorfer Str. 18	Kropbacher Weg	Rodheimer Str.	13'400
28		Ludwigstr. 42	Bleichstr.	Goethestr.	11'700
29	Gießen	Marburger Str. 36	Schwarzlachweg	Bückingstr.	27'800
30		Neustadt 23	Albert-Schweitzer-Str.	Pfarrgarten	10'100
31		Nordanlage 15	Steinstr.	Wetzsteinstr.	28'100
32		Robert-Sommer-Str. 32	Johann-Seb.-Bach-Str.	Carl-M.-von-Weber-Str.	7'700
33		Rodheimer Str. 36	Mohrunger Weg	Krofdorferstr.	20'600
34		Schiffenberger Weg 35	Karl-Follen-Str.	Am Unteren Rain	17'800
35		Schulstr./Neuen Bäume 6	Marktplatz	Sonnenstr.	7'300
36		Sudetenlandstr. 13	Egerländer Str.	Troppauer Str.	7'300
37		Südanlage 30	Frankfurter Str.	Bleichstr.	21'500
38		Westanlage 28	Gabelsbergerstr.	Bahnhofstr.	26'900
39		Wetzlarer Str. 57	Hohl	Zum Weier	7'800
60		Diezer Str. 49-51	Oraniensteiner Weg	Tilemannstr.	24'352
61		Frankfurter Str. 52	Im Schlenkert	Wiesbadener Str.	29'740
62	Limburg	Schiede 28-30	Diezer Str.	Weiersteinstr.	34'876
63		Schiede 37-41	Diezer Str.	Josef-Ludwig-Str.	40'078
64		Stephanshügel	Industriestr.	Holzheimer Str.	9'377

Verkehrsbelastung als durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/d (DTV)

*Fortsetzung auf nächster Seite*

ID	Stadt	Straße	Zwischen...	und...	DTV
40		Brüderstr. 5	Marställer Platz	Kreuzung Altmarkt	43'630
41		Fünffensterstr. 14	Neue Fahrt	Obere Königsstr.	19'600
42		Frankfurter Str. 102	Beethovenstr.	Mozartstr.	34'812
43		Frankfurter Str. 247	Knorrstr.	Credestr.	15'700
44		Friedrich-Ebert-Str. 32	Friedrich-Engels-Str.	Karthäuser Str.	16'200
45		Holländische Str. 28	Moritzstr.	Holländischer Platz	34'646
46		Holländische Str. 157	Fichtnerstr.	Wiener Str.	35'000
47		Ihringhäuser Str. 43	Eisenschmiede	Rauchstr.	23'858
48		Kohlenstr. 40	Wittrockstr.	Friedenstr.	21'514
49	Kassel	Konrad-Adenauer-Str. 73	Siedlerweg	Schwarzer Weg	16'300
50		Leipziger Str. 159	Kunigundishof	Ringhofstr.	20'074
51		Mauerstr. 11	Kölnische Str.	Poststr.	850
52		Obervellmarer Str. 4	Kronenstr.	Wolfhager Str.	10'800
53		Schönfelder Str. 6	Gräferstr.	Wilhelmshöher Allee	18'900
54		Schönfelder Str. 50	Paul-Nagel-Str.	Sternbergstr.	25'125
55		Tischbeinstr. 18	Stillingstr.	Frankfurter Str.	11'400
56		Weserstr. 17	Kurt-Wolters-Str.	Magazinstr.	23'430
57		Wilhelmshöher Allee 286	Kunoldstr.	Rolandstr.	13'000
58		Wolfhager Str. 124	Brandastr.	Mombachstr.	18'000
59		Ysenburgstr. 29	Weserstr.	Gartenstr.	26'400
65		Am Grün 13	Schulstr.	Universitätsstr.	6'812
66		B3a St. Jost 24	Poitiers-Str.	Weidenhäuser Str.	35'940
67		Biegenstr. 24	Savignystr.	Deutschhausstr.	9'536
68	Marburg	Cölber Str. 9	Am Schulhof	Lahninsel	15'374
69		Elisabethstr. 13	Bahnhofstr.	Friedrich-Siebert-Weg	10'827
70		Schwanallee 53	Schückingstr.	Frankfurter Str.	13'918
71		Universitätsstr. 8	Gutenbergstr.	Am Grün	16'360
72		Zwetschenweg 6	Stadtwaldstr.	Leopold-Lucas-Str.	4'776
73		Bergstr. 17	Geiersberg	Turmstr.	17'563
74		Braunfelser Str. 4	Alte Wache	Siegmund-Hiepe-Str.	18'289
75		Ernst-Leitz-Str. 36	Kalsmunt / Westhang	Schützenstr.	22'983
76		Gloelstr. 15	Bannstr.	Eduard-Kaiser-Str.	34'028
77		Hauptstr. 4 (Aßlar)	Friedrich-Wilhelm-Str.	Hermannsteiner Str.	16'481
78		Hermannsteiner Str.	Röchlingstr.	Carolinenweg	18'944
79		Hermannsteiner Str. 35	Buderusstr.	Steubenstr.	18'662
80	Wetzlar	Karl-Kellner-Ring 23	Neustadt	Sophienstr.	23'566
81		Kreisstr. 97	Wiesenstr.	Bahnhofstr.	5'766
82		Nauborner Str. 38	Schützenstr.	Stoppelberger Hohl	20'130
83		Neustadt 60	Idingstr.	Seibertstr.	13'346
84		Philosophenweg 14	Wöllbachertorstr.	Brückenborn	7'414
85		Sophienstr. 1A	Seibertstr.	Karl-Kellner-Ring	31'678
86		Weingartenstr. 8	Siechhofstr.	Elisabethenstr.	6'270
87		Wetzlarer Str. 12	Gänsweide	Hofmannstr.	9'002

Verkehrsbelastung als durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/d (DTV)



**Abbildung 4-1: Lage der Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet**

### 4.3 Emissionen

Zur Berechnung der Vorbelastung im Untersuchungsgebiet mit dem RCG-Modell wurde ein möglichst detaillierter und aktueller Emissionsdatensatz für die Stoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, NH<sub>3</sub> und SO<sub>2</sub> benötigt. Für alle Gebiete (s. Abschnitt 3 und 5.1.2) wurden für die hessischen Bereiche die für Hessen bereitgestellten Emissionen verwendet. Außerhalb von Hessen wurden die im Rahmen des vom Umweltbundesamt beauftragten PAREST-Projekts (PAREST 2010, JÖRß ET AL., 2010) erhobenen Emissionen verwendet. Da für den Lösemittelverbrauch privater Haushalte in Hessen keine aktuellen, räumlich differenzierten Daten vorlagen, wurden die NMVOC-Emissionen für diese Quellgruppe auch innerhalb Hessens aus dem PAREST-Projekt übernommen.

In den folgenden Abschnitten sind die verwendeten Eingangsdaten und durchgeführten Arbeitsschritte beschrieben sowie die Emissionsmengen für das Untersuchungsgebiet zusammengestellt.

Die zusätzlichen Emissionsdaten für die Szenariorechnungen in Kassel und Wetzlar finden sich in Abschnitt 4.3.9.

Für Hessen lagen im Rahmen des landesweiten hessischen Emissionskatasters, aus auf Basis von hessischen Kfz-Verkehrsdaten berechneten, aus dem Planfeststellungsverfahren für den Ausbau des Flughafens Frankfurt Main (IVU UMWELT, 2006C; IBJ, 2006; FRAPORT, 2008; MUVEDA, 2006), aus dem Genehmigungsverfahren zum Ausbau des Flughafens Kassel-Calden sowie aus Berechnungen der Deutschen Bahn (DB, 2010; LÖCHTER, A.; SEIFERT, A. 2007) Angaben zu

- genehmigungsbedürftigen Anlagen (Industrie) für 2008,
- Gebäudeheizung und Kleinverbrauchern für 2006,
- Kleingewerbe für 2006,
- biogenen Quellen für 2006,
- Kfz-Verkehr für 2008,
- Flugverkehr, Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände Frankfurt Main für 2005
- Flugverkehr des Flughafen Kassel-Calden für 2003 sowie
- Schienenverkehr für 2008

vor.

#### 4.3.1 Genehmigungsbedürftige Anlagen

Die Emissionen aus genehmigungsbedürftigen Anlagen (im folgenden als „Industrie“ bezeichnet) beinhalten die Anlagen, die nach der 4. BImSchV (2010) genehmigungsbedürftig sind und deren Betreiber nach der 11. BImSchV (2010) verpflichtet sind, Emissionserklärungen abzugeben. Für diese Quellgruppe lagen Emissionen der Schadstoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NH<sub>3</sub> und SO<sub>2</sub> für 2008 vor, die vom HLUg für dieses Projekt als Punktquellen zur Verfügung gestellt wurden. Die Daten wurden für die Modellierung mit RCG als Punktquellen im geographischen Koordinatensystem aufbereitet.

#### 4.3.2 Gebäudeheizung

Die Emissionen der Gebäudeheizung wurden vom HLUg für 2006 für ein Raster von 1 · 1 km<sup>2</sup> großen Zellen als Excel-Datei zur Verfügung gestellt. Sie beinhalten Emissionen von Feuerungsanlagen, für die keine immissionsschutzrechtliche Genehmigung

nach der 4. BImSchV (2010) benötigt wird. Die Feuerungsanlagen dienen überwiegend der Heizung und Warmwasserbereitung in privaten und öffentlichen Gebäuden, aber auch der Wärmeerzeugung im Industrie- und Gewerbebereich. Emissionen gibt es dabei nur in Gitterzellen, in denen bebaute Gebiete liegen. Es lagen Emissionen für die Stoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, NH<sub>3</sub> und SO<sub>2</sub> vor. Diese Daten wurden in ein Geographisches Informationssystem (GIS) importiert und dort mit den RCG-Gitterzellen des Untersuchungsgebiets verschnitten und die Emissionen entsprechend anteilig auf die RCG-Gitterzellen verteilt.

### 4.3.3 Straßenverkehr

Die letzte turnusgemäße Berechnung der hessischen Kfz-Emissionen hat 2005 als Bezugsjahr und basiert auf dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in der Version 2.1 (INFRAS, 2004). Eine Aktualisierung ist erst für das Jahr 2012 vorgesehen.

Die hier durchgeführten Berechnungen sollten nach Absprache mit dem HLUg auf dem aktuellen, seit Februar 2010 verfügbaren, HBEFA in der Version 3.1 (INFRAS, 2010) basieren. Die Kfz-Daten sollten dabei unverändert auf dem Stand von 2005 mit und einer Jahresfahrleistung von  $56.2 \cdot 10^9$  Kfz km belassen und bezüglich der Kfz-Flotte das Bezugsjahr 2008 angesetzt werden.

#### 4.3.3.1 Verkehrssituationen im HBEFA 3.1

Das aktuelle Handbuch liefert gegenüber der Vorgängerversion nicht nur eine aktualisierte und erweiterte Datenbasis der Emissionsfaktoren der einzelnen Kfz, sondern führt auch hinsichtlich der Klassifikation der Straßen in Verkehrssituationen eine völlig neue Systematik ein, die aus vier Klassifikationsebenen besteht.

An erster Stelle steht die Zuordnung einer Straße hinsichtlich des „Gebiets“, in eine der zwei Kategorien „Agglomeration“ oder „ländlich“.

An zweiter Stelle werden Straßen hinsichtlich des „Straßentyps“ klassifiziert und einer von insgesamt zehn Typen, die von der „Autobahn“ bis zur „Erschließungsstraße“ reichen, zugeordnet. Die meisten Straßentypen kommen dabei in beiden Gebietstypen vor, einige aber auch nur in je einem Gebietstyp.

Auf der dritten Ebene werden die Straßen hinsichtlich des „Tempolimits“, also der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, differenziert, das in zwölf Klassen von 30 km/h bis > 130 km/h unterschieden wird. Naturgemäß ist nicht jede Tempolimit-Klasse für jeden Straßentyp vorhanden.

Mit der Wahl einer Verkehrssituation ist im HBEFA 3.1 auch direkt eine Auswahl einer der drei möglichen Flottenvarianten „städtisch“, „ländlich“ oder „Autobahn“ verknüpft, die nicht nur von der Auswahl des Gebietstyps abhängig ist. Einen Überblick über die knapp 70 Verkehrssituationen und zugehörigen Flottenvarianten, die sich im HBEFA 3.1 gemäß diesen drei Klassifizierungsebenen ergeben, bietet Abbildung 4-2.

Gebiet	Straßentyp		Tempolimit [km/h]											
	deutsch	englisch	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	>130
ländlich	Autobahn	Motorway-Nat						3	3	3	3	3	3	3
ländlich	Semi-Autobahn	Semi-Motorway						3		3				
ländlich	Fern-, Bundesstr.	TrunkRoad/Primary-Nat				1	2	2	2	2	2			
ländlich	Hauptverkehrsstraße	Distributor /Secondary			1	1	2	2	2	2				
ländlich	Hauptverkehrsstraße, kurvig	Distributor /Secondary (sinuous)			1	1	2	2	2	2				
ländlich	Sammelstraße	Local/Collector			1	1	2	2						
ländlich	Sammelstraße, kurvig	Local/Collector (sinuous)			1	1	2	2						
ländlich	Erschliessungstraße	Access-residential	1	1	1									
Agglomeration	Autobahn	Motorway-Nat						3	3	3	3	3	3	3
Agglomeration	Stadtautobahn	Motorway-City				1	1	1	1	1	1			
Agglomeration	Fern-, Bundesstr.	TrunkRoad/Primary-Nat					1	2	2	2	2			
Agglomeration	Magistrale / Ringstrasse	TrunkRoad/Primary-City				1	1	1	2	2				
Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	Distributor /secondary				1	1	1	2	2				
Agglomeration	Sammelstraße	Local/Collector				1	1							
Agglomeration	Erschliessungstraße	Access-residential	1	1	1									

**Flottenvariante**

1 Agglomeration (urban)

2 ländlich (rural)

3 Autobahn (motorway)

**Abbildung 4-2: Übersicht Klassifizierung der Verkehrssituationen nach Gebiet, Straßentyp und Tempolimit gemäß HBEFA 3.1**

In einer vierten Ebene können in jeder dieser Verkehrssituation die vier verschiedenen Stufen der Verkehrsqualität als „Level of Service“ (LOS)

- freier Verkehr (LOS 1),
- dichter Verkehr (LOS 2),
- gesättigter Verkehr (LOS 3) und
- Stop&Go (LOS 4)

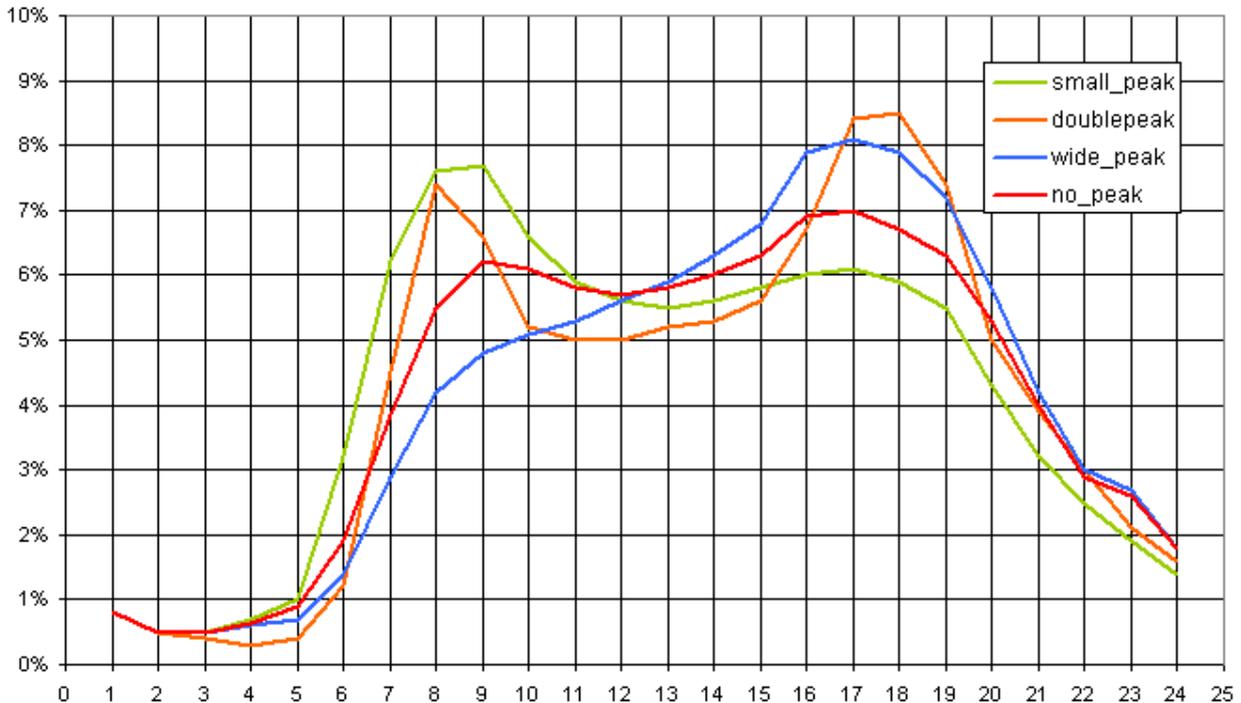
auftreten, deren Definition sich an den Verkehrsqualitätsstufen des Highway Capacity Manuals (HCM, 2000) orientiert.

#### 4.3.3.2 Modellierung der Verkehrsqualität

Bezogen auf eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) können diese vier Qualitätsstufen in unterschiedlichen Aufteilungen auftreten. So ist davon auszugehen, dass bei relativ geringen Verkehrsstärken in der Nacht der Verkehr in der Qualitätsstufe „frei“ vorliegt. Bei höheren Verkehrsstärken hängt es vom jeweiligen Auslastungsgrad ab, in welchem Zustand sich der Verkehr befindet.

Die Bestimmung der LOS-Aufteilung wurde durch drei Parameter definiert:

- mittlere Verkehrsganglinie (s. Abbildung 4-3),
- Kapazitätsangaben (s. Tabelle 4-2) und
- Schwellwerte der Kapazitätsauslastung, ab denen der Zustand von einem LOS zum anderen wechselt (s. Tabelle 4-3).



**Abbildung 4-3: Ganglinien des Verkehrs zur LOS-Bestimmung**

Bei der Anwendung dieser Verkehrsganglinien ist zu beachten, dass in den hier vorgestellten Fällen Querschnittswerte für Straßenabschnitte betrachtet werden. Wenn also beispielsweise eine Straße mit einer ausgeprägten Morgenspitze stadteinwärts und einer ausgeprägten Abendspitze stadtauswärts abgebildet werden soll, muss eine Ganglinie mit nur einer Spitze gewählt werden, da bezogen auf den Querschnitt nur einmal am Tag eine Spitze auftritt. Der Ganglinientyp „doublepeak“ kann nur angesetzt werden, wenn in beiden Fahrtrichtungen zweimal am Tag eine Verkehrsspitze auftritt.

**Tabelle 4-2: Kapazitäten zur LOS-Berechnung je Straßentyp**

Gebiet	Straßentyp	Kapazität [Kfz/Fahstreifen]
ländlich	Autobahn	1800
ländlich	Semi-Autobahn	1100
ländlich	Fern-, Bundesstraße	1200
ländlich	Hauptverkehrsstraße, kurvig	1000
ländlich	Hauptverkehrsstraße	1200
ländlich	Sammelstraße, kurvig	650
ländlich	Sammelstraße	700
ländlich	Erschließungsstraße	600
Agglomeration	Autobahn	1900
Agglomeration	Stadtautobahn	1600
Agglomeration	Fern-, Bundesstraße	1200
Agglomeration	Magistrale, Ringstraße	800
Agglomeration	Hauptverkehrsstraße	800
Agglomeration	Sammelstraße	700
Agglomeration	Erschließungsstraße	600

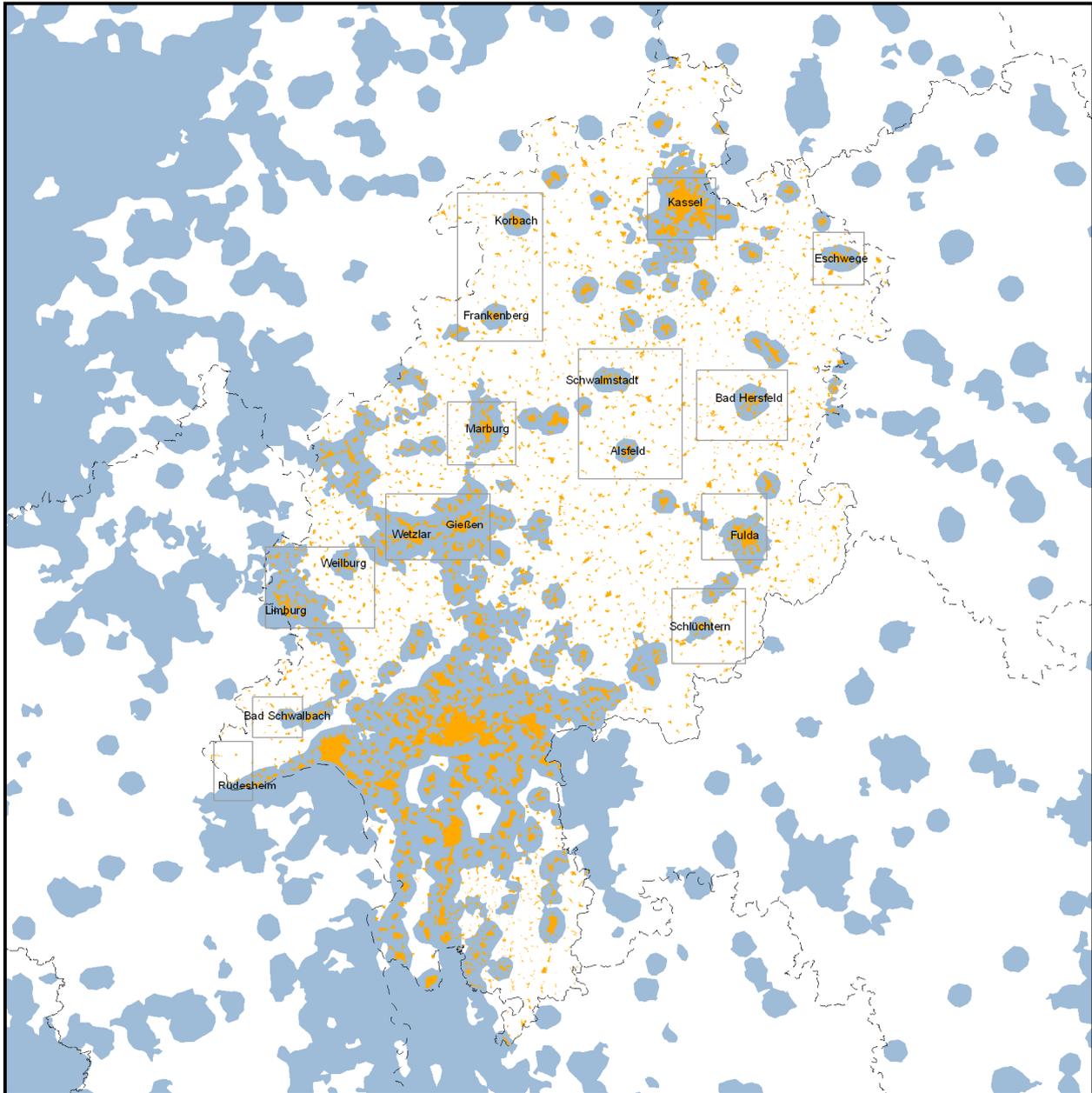
**Tabelle 4-3: Schwellwerte der Kapazitätsauslastung für den LOS-Übergang**

Variante	zu LOS 2	zu LOS 3	zu LOS 4
Autobahn	55 %	90 %	100 %
außerorts	40 %	80 %	100 %
innerorts	15 %	80 %	100 %

#### 4.3.3.3 Netzattributierung

Für die eigentliche Emissionsmodellierung war es zunächst nötig, das ATKIS-Straßennetz, auf dem das hessische Emissionskataster für den Straßenverkehr basiert, mit über 400 000 Abschnitten mit einer Gesamtlänge von über 40 000 km bezüglich der völlig neuen Systematik der Verkehrssituationen des HBEFA 3.1 zu attributieren, um dann darauf aufbauend die Emissionen auf Basis des neuen HBEFA zu berechnen.

Entsprechend der Systematik der Verkehrssituationen des HBEFA 3.1 erfolgte die Klassifizierung des Streckennetzes in einem hierarchischen Prozess. Für die erste Klassifikationsebene des Gebiets in „Agglomeration“ oder „ländlich“ wurde ein Ansatz gewählt, der der eigentlichen Bedeutung der Begriffe Rechnung trägt und auch dem Grundgedanken bei der Entwicklung der Methodik der Verkehrssituationen (ANDRÉ ET AL., 2006) entspricht. Es wurde keine Unterscheidung in „inner-“ und „außerorts“ vorgenommen, sondern versucht, sich an dem Kriterium der Agglomeration bzw. des Ballungsraums zu orientieren. Grundlage dafür ist die „Siedlungsstrukturelle Prägung“ entsprechend den „Raumtypen ROB 2010“ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR, 2010). Diese „Raumtypen ROB 2010“ bilden das Stadt-Land-Kontinuum ab und kennzeichnen homogene Raumeinheiten, die u. a. hinsichtlich der Besiedelung zwischen überwiegend städtisch und ländlich geprägten Gebieten, klassifiziert nach Bevölkerungsdichte und Siedlungsflächenanteil, unterscheiden (siehe Abbildung 4-4). Diese Raumtypisierung liegt flächendeckend für das Bundesgebiet nach einheitlichen Kriterien vor und bleibt weitgehend unabhängig von (veränderlichen) administrativen Grenzen (BBSR, 2010).



**Abbildung 4-4: Siedlungsstrukturelle Prägung gemäß BBSR (2010)**

Zur Übertragung dieses Raumkriteriums auf das Straßennetz wurden beide Datensätze als Geodaten verschnitten und jeder Strecke, die zu mindestens 50 % durch „städtische Umgebung“ führt, das Attribut „Agglomeration“ zugewiesen. Alle anderen Strecken wurden als „ländlich“ klassifiziert. Die siedlungsstrukturelle Prägung wurde in einem späteren Schritt auch dazu verwendet, innerhalb der Agglomeration zwischen einer Autobahn und einer Stadtautobahn zu unterscheiden, wobei letzteres angesetzt wurde, wenn die entsprechende Autobahnstrecke vollständig durch „städtische Umgebung“ führt. Im Er-

gebnis liefert die Gebietseinteilung auf Basis der siedlungsstrukturellen Prägung eine deutlich andere räumliche Verteilung von Strecken, die als „Agglomeration“ klassifiziert werden, als dies bei einer Unterscheidung nach inner-/außerorts der Fall ist, wie in Abbildung 4-4 deutlich wird.

Für die zweite und dritte Differenzierungsebene erfolgte die Klassifizierung in die Straßentypen und Tempolimits in einem gekoppelten, regelbasierten Prozess der automatisch für alle Streckenabschnitte ablief. Genutzt wurden dabei im Wesentlichen Informationen

- zum Baulastträger und zur Klassifizierung als „Autobahn“ aus dem ATKIS-Datensatz,
- zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit, wie sie für einzelne Strecken aus der Lärmkartierung gemäß der EU-Umgebungslärmrichtlinie (EU, 2002) bzw. deren Umsetzung in deutsches Recht in Form der 34. BImSchV (2006) vom HLUg zur Verfügung gestellt wurden,
- zur Fahrstreifenanzahl, die für einzelne Strecken aus externen Datenquellen vorlagen und
- zur Unterscheidung nach inner- und außerorts, die durch Verschneidungen mit „Ortslagen“ aus ATKIS-Daten abgeleitet wurden.

Fehlende Angaben wurden dabei durch nach Gebiet und Straßentyp differenzierte Standardwerte ergänzt.

Die Klassifizierung der Verkehrssituationen in der vierten Hierarchieebene in die vier Verkehrszustände erfolgte schließlich entsprechend Abschnitt 4.3.3.2 für das gesamte Netz durch differenzierte Zuweisung von

- Kapazitäten pro Fahrstreifen,
- Auslastungsgraden für den Wechsel zwischen LOS-Klassen und
- Ganglinien des Verkehrs.

#### **4.3.3.4 Emissionsmodellierung**

Nach der vollständigen Attributierung aller Strecken mit den Parametern, die die Verkehrssituation gemäß dem HBEFA 3.1 beschreiben, erfolgte die Berechnung der Emissionen für das gesamte Hessische Straßennetz mit dem Programm IMMIS<sup>em</sup> 5 (IVU UMWELT, 2010A), das eine Umsetzung des HBEFA 3.1 und der Modellierung der Verkehrsqualität entsprechend Abschnitt 4.3.3.2 bietet und eine direkte Berechnung der Emissionen für die Bezugsjahre 1995 bis 2030 auf Basis von Verkehrsmengen als durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) und Aufteilungen auf Kfz-Arten sowie der Verkehrssituationen erlaubt. Dabei werden zusätzlich auch Emissionen durch Kalt- und Kühlstart gemäß der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (KRdL, 2003) auf Basis des HBEFA 3.1 sowie nicht-motorbedingte Partikelemissionen auf Basis eines für das HBEFA 3.1 modifizierten Ansatz von DÜRING & LOHMEYER (2004) berücksichtigt (IVU UMWELT, 2010B).

Die so berechneten Daten beinhalten Emissionen der Schadstoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM10, PM2.5, NH<sub>3</sub> und SO<sub>2</sub> des rollenden Verkehrs für das gesamte ATKIS-Straßennetz. Die NMVOC-Verdampfungsemissionen durch Warm- und Heißabstellen und geparkte Fahrzeuge wurden aus IVU UMWELT (2007) übernommen.

Für die Verwendung in RCG wurden diese linien- und flächenhaft vorliegenden Daten mit den RCG-Gitterzellen des Untersuchungsgebiets verschnitten und die Emissionen entsprechend anteilig auf die RCG-Gitterzellen verteilt.

#### 4.3.4 Kleingewerbe

Vom HLUK wurden auf Landkreisebene Emissionen der Stoffe NMVOC und Staub durch Kleingewerbe für 2006 als Excel-Datei zur Verfügung gestellt. Der Anteil von PM10 an den Staub-Emissionen wurde auf 90 % gesetzt. Die Emissionen wurden im GIS mit den Geometrien der hessischen Landkreise verknüpft, mit den RCG-Gitterzellen des Untersuchungsgebiets verschnitten und entsprechend anteilig auf die RCG-Gitterzellen verteilt.

#### 4.3.5 Biogene Quellen

Ebenfalls auf Landkreisebene wurden vom HLUK Emissionen der Stoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM10, PM2.5 und NH<sub>3</sub> durch biogene Quellen für 2006 als Excel-Datei zur Verfügung gestellt. Diese Quellart umfasst die Emissionen durch Böden, Tierhaltung und Wälder. Auch diese Emissionen wurden im GIS mit den Geometrien der hessischen Landkreise verknüpft, mit den RCG-Gitterzellen des Untersuchungsgebiets verschnitten und entsprechend anteilig auf die RCG-Gitterzellen verteilt.

#### 4.3.6 Flugverkehr

##### 4.3.6.1 Flughafen Frankfurt Main

Aus dem Planfeststellungsverfahren zum Ausbau des Flughafens Frankfurt Main (IBJ, 2006) und aus Datenlieferungen zu Emissionen, Flugrouten und Steigprofilen von FRAPORT (2008) lagen Emissionen des Flugverkehrs für 2005 vor. Emissionen des Kfz-Verkehrs und der stationären Quellen auf dem Flughafengelände lagen ebenfalls aus dem Planfeststellungsverfahren zum Ausbau des Flughafens Frankfurt Main für 2005 von MUVEDA (2006) vor. Die Daten beinhalten Emissionen der Schadstoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM10 und SO<sub>2</sub>.

Die Emissionen des Flughafens Frankfurt Main wurden im Rahmen der Ausbreitungsrechnungen für den Ballungsraum Rhein-Main (IVU UMWELT, 2009) für die Modellierung in RCG aufbereitet und konnten für das vorliegende Projekt übernommen werden. Dabei wurden die Emissionen nicht nur dem Flughafengelände zugeschlagen, sondern in Höhenstufen, entsprechend den aggregierten Flugrouten sowie getrennt nach Start und Landung, differenziert auf die RCG-Gitterzellen verteilt. Für die vertikale Differenzierung wurden die folgenden Höhenstufen mit entsprechenden mittleren Entfernungen vom Beginn der Start- bzw. Landebahn für die jeweilige Höhe angesetzt:

- Boden,
- Start bis 30 m Höhe,
- Start von 30 bis 305 m (1000 ft) Höhe bei 5000 m Entfernung,
- Start von 305 bis 914 m (3000 ft) Höhe bei 13000 m Entfernung,
- Landung bis 30 m Höhe,
- Landung von 30 bis 305 m (1000 ft) Höhe bei 7500 m Entfernung und
- Landung von 305 bis 914 m (3000 ft) Höhe bei 21800 m Entfernung.

Die Emissionen des Kfz-Verkehrs und der stationären Quellen auf dem Flughafengelände sowie die Bodenemissionen des Flugverkehrs wurden vollständig der Bodenschicht im Bereich des Flughafengeländes zugewiesen. Für die Start- und Landevorgänge wurden für die o. g. Höhenschichten und Entfernungen die aggregierten Flugrou-

ten mit den RCG-Gitterzellen verschnitten und die Emissionen in einer Höhenstufe jeweils gleichmäßig auf die betroffenen Gitterzellen verteilt.

#### **4.3.6.2 Flughafen Kassel-Calden**

Für den Flughafen Kassel-Calden wurden vom HLUG Daten der Ist-Situation 2003 aus dem Genehmigungsverfahren zum Flughafenausbau bereitgestellt, die Emissionen der Stoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM10 und SO<sub>2</sub> für

- Vorfeld, Taxi und Start auf dem Flughafengelände,
- Start bis 600 m Höhe in einer Entfernung von 4270 m sowie
- Landung ab 600 m Höhe in einer Entfernung von 11450 m

beinhalten. Diese Daten wurden in ähnlicher Form wie beim Flughafen Frankfurt auf Basis von Start- und Landevektoren horizontal und vertikal auf die RCG-Gitterzellen verteilt.

#### **4.3.7 Schienenverkehr**

Über das HLUG wurden von der Deutschen Bahn (DB, 2010; LÖCHTER, A.; SEIFERT, A. 2007) das Schienennetz in Hessen, die darauf von der DB verursachten Emissionen sowie summarische Emissionen zu 5 Rangierbahnhöfen bereitgestellt. Die Daten beinhalten Emissionen der Stoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM10 und SO<sub>2</sub> für das Bezugsjahr 2008.

Da in dem Bereich des Teilgebiets „Süd“ und des Untersuchungsgebiets „Rüdesheim“, wo der Rhein die Landesgrenze zu Rheinland-Pfalz bildet sowohl links- als auch rechtsrheinisch relevante Bahnstrecken im Rheintal verlaufen, wurden die linksrheinischen Bahnstrecken in diesem Bereich ebenfalls aus den DB-Daten übernommen und als „hessische“ Emissionen betrachtet.

Für die Verwendung in RCG wurden die linienhaft vorliegenden Daten der DB-Schienenemissionen mit den RCG-Gitterzellen des Untersuchungsgebiets verschnitten und die Emissionen entsprechend anteilig auf die RCG-Gitterzellen verteilt.

#### **4.3.8 Gesamtemissionen in Hessen**

In Tabelle 4-4 sind die Emissionen der einzelnen Quellgruppen und ihre Anteile an den Gesamtemissionen in Hessen für die sechs betrachteten Stoffe NMVOC, CO, NO<sub>x</sub>, PM10, NH<sub>3</sub> und SO<sub>2</sub> zusammengestellt.

**Tabelle 4-4: Gesamtemissionen und Anteile der Quellgruppen im Untersuchungsgebiet**

Emissionen in t/a	NMVOC	NO <sub>x</sub>	CO	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>
Industrie	4'151	11'637	9'193	1'183	665.6	81.8	2'924.9
Gebäudeheizung u. Kleinv.	1'899	10'877	25'550	893	-	-	7'344.3
Straßenverkehr	13'834	51'511	143'981	3'653	2'715.8	1'942.6	67.4
Kleingewerbe	9'596	-	-	178	-	-	-
Biogene u. n. gef. Quellen	40'232	4'800	-	1'230	171.7	21'754.2	-
Flugverkehr	816	5'405	3'456	49	-	-	280.4
<i>davon Frankfurt Main</i>	816	5'383	3'091	49	-	-	277.6
Schienerverkehr	50	799	102	920	-	-	0.3
Summe	70'579	85'030	182'283	8'108	3'553.2	23'778.7	10'617.2
Anteile	NMVOC	NO <sub>x</sub>	CO	PM10	PM2.5	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>
Industrie	5.9 %	13.7 %	5.0 %	14.6 %	18.7 %	0.3 %	27.5 %
Gebäudeheizung u. Kleinv.	2.7 %	12.8 %	14.0 %	11.0 %	-	-	69.2 %
Straßenverkehr	19.6 %	60.6 %	79.0 %	45.1 %	76.4 %	8.2 %	0.6 %
Kleingewerbe	13.6 %	-	-	2.2 %	-	-	-
Biogene u. n. gef. Quellen	57.0 %	5.6 %	-	15.2 %	4.8 %	91.5 %	-
Flugverkehr	1.2 %	6.4 %	1.9 %	0.6 %	-	-	2.6 %
Schienerverkehr	0.1 %	0.9 %	0.1 %	11.3 %	-	-	0.0 %
Summe	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %	100.0 %

#### 4.3.9 Emissionsdaten für lokale Szenariorechnungen

In zusätzlichen Berechnungen waren die drei folgenden lokalen Szenarien zu untersuchen:

- Szenario Autobahnemissionen im Modellgebiet Kassel,
- Szenario VW-Werk Baunatal im Modellgebiet Kassel und
- Szenario Ausbau Buderus-Werk im Modellgebiet Wetzlar/Gießen.

Für das erstgenannte Szenario wurden alle Emissionen von Autobahnen im Untersuchungsgebiet Kassel auf Null gesetzt. Für die beiden industriellen Szenarien wurden vom HLUg die in der Modellierung abzuschaltenden bzw. zu ersetzenden Quellen zur Verfügung gestellt. Die in den Szenarien wegfallenden bzw. sich ändernden Emissionen sind in Tabelle 4-5 zusammen mit den Emissionen der jeweiligen Quellgruppe in den betreffenden Untersuchungsgebieten aufgeführt.

**Tabelle 4-5: Emissionen für lokale Szenariorechnungen**

<b>Emissionen in t/a</b>	<b>NMVOC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>PM10</b>	<b>PM2.5</b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
Straßenverkehr im Untersuchungsgebiet Kassel	977.5	1'958.1	6'934.0	151.4	109.9	67.6	2.6
Szenario ohne Autobahnen im Untersuchungsgebiet Kassel	-60.9	-1'131.2	-2'306.3	-65.1	-49.2	-27.6	-1.3
Industrie im Untersuchungsgebiet Kassel	241.3	644.3	127.9	9.9	4.9	6.6	118.4
Szenario ohne VW-Werk Bunnatal	-14.9	-226.7	-49.6	-5.0	-1.9	0.0	-0.3
Industrie im Untersuchungsgebiet Wetzlar/Gießen	39.8	760.2	820.3	203.9	134.5	5.0	43.8
Szenario Ausbau Buderus in Wetzlar	-2.3	9.0	0.9	0.5	3.1	0.0	0.1
<b>Anteile</b>	<b>NMVOC</b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CO</b>	<b>PM10</b>	<b>PM2.5</b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
Szenario ohne Autobahnen Kassel an Straßenverkehr	-6.2 %	-57.8 %	-33.3 %	-43.0 %	-44.7 %	-40.8 %	-50.3 %
Szenario ohne VW-Werk Bunnatal an Industrie	-6.2 %	-35.2 %	-38.7 %	-50.0 %	-38.3 %	0.0 %	-0.2 %
Szenario Ausbau Buderus in Wetzlar an Industrie	-5.9 %	1.2 %	0.1 %	0.3 %	2.3 %	0.0 %	0.2 %

#### 4.4 Topographie

Für die Berechnung der meteorologischen Felder als Grundlage der Ausbreitungsrechnungen (s. Abschnitt 5.1.4) wird die Geländehöhe über Grund benötigt. Dazu wurde vom HLUg für Hessen das DGM250 mit 200 · 200 m<sup>2</sup> Bodenauflösung bereit gestellt. Diese Daten wurden für die Verwendung in der meteorologischen Modellierung projiziert und konvertiert.

#### 4.5 Landnutzung

Für die Berechnung der meteorologischen Felder und für die Ausbreitungsrechnungen (s. Abschnitt 5.1) ist die Kenntnis der Bodennutzung erforderlich. Diese liegt im Rahmen der RCG-Anwendung im PAREST-Projekt für alle betrachteten Modellierungsskalen Nest 0 bis 3 (s. Abschnitt 5.1.2) vor. Für die Untersuchungsgebiete und deren Umgebung weisen diese Daten allerdings nicht die erforderliche Auflösung auf. Daher wurde für die hessischen Bereiche der vier Teilgebiete im Nest 2 die Landnutzung in der entsprechenden räumlichen Auflösung ermittelt.

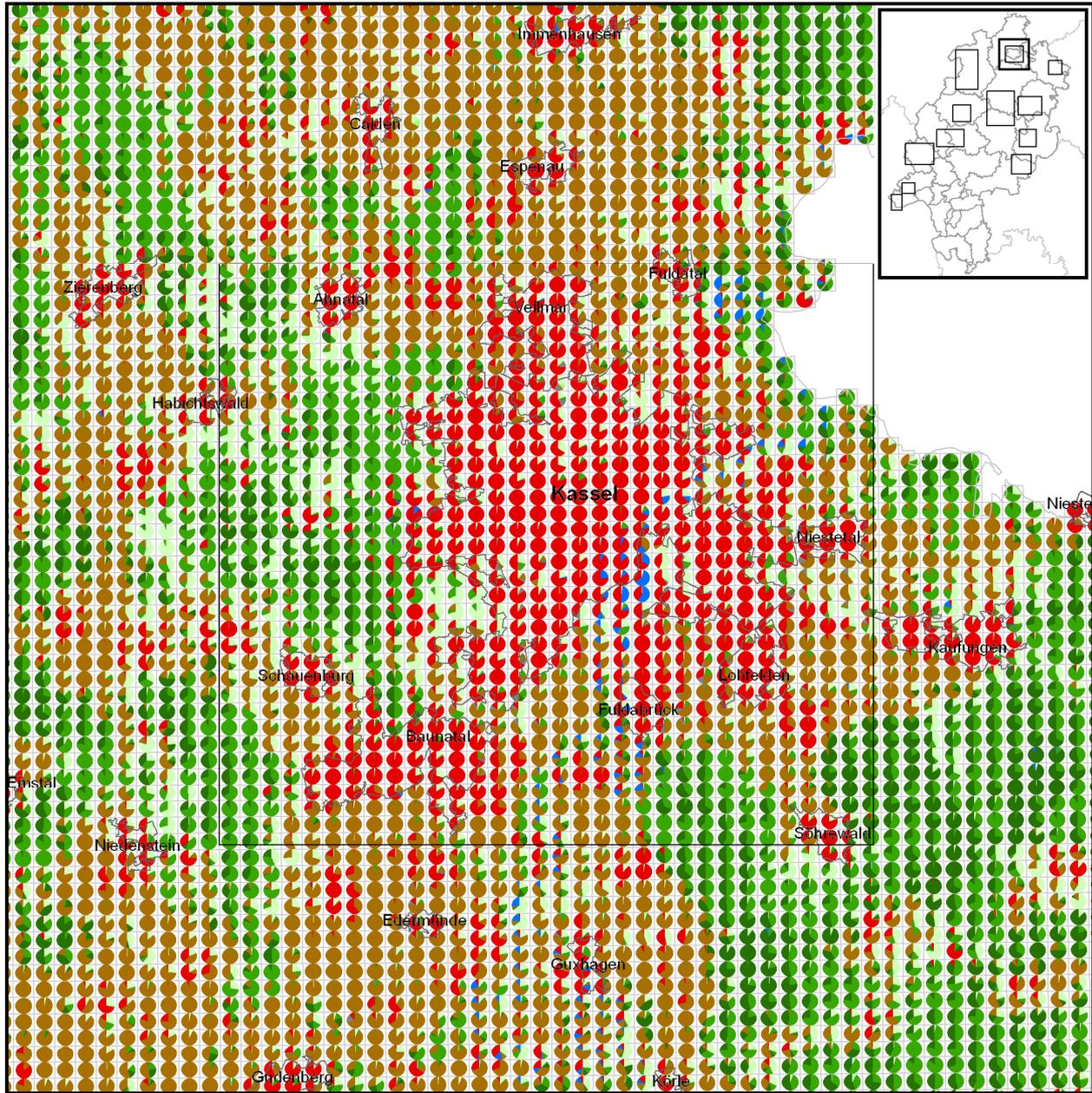
Die Datengrundlage bilden die ATKIS-Landnutzungsdaten (ATKIS, 2003), die vom HLUg mit Stand April 2009 in aufbereiteter Form als Polygone für die zehn Nutzungsarten, Siedlung, Verkehr, Acker, Grünland, Laubwald, Nadelwald, Mischwald, Sonderkultur, Gewässer, Sonstiges bereitgestellt wurden.

Diese Daten wurden für die hessischen Bereiche der Teilgebiete des Nest 2 mit den Gitterzellen der RCG-Modellierung verschnitten und für jede Gitterzelle der relative Anteil der Nutzungsarten an der Fläche der Gitterzelle ermittelt und den acht RCG-Landnutzungsklassen

- Wiesen mit niedrigem Bewuchs,
- Wiesen mit hohem Bewuchs,
- Laubwald,
- Nadelwald,

- Ackerbau,
- Sonstige Böden ohne Bewuchs,
- Wasser sowie
- städtische Flächen und Verkehrsflächen

zugeordnet. In Abbildung 4-5 sind diese Landnutzungsanteile exemplarisch für den Bereich um das Untersuchungsgebiet Kassel kartographisch dargestellt.



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

**Landnutzungsanteile in der Umgebung von Kassel**

 Laubwald	 sonstige Böden ohne Bewuchs
 Wiesen mit niedrigem Bewuchs	 Nadelwald
 Wiesen mit hohem Bewuchs	 Ackerbau
 Wasser	 Stadt-/Verkehrsflächen

 Städte   
  Untersuchungsgebiet Kassel

 0 0.5 1 2 3 4 5 km

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLU: ATKIS © Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 4-5: RCG-Landnutzung in der Umgebung von Kassel in den RCG-Gitterzellen, dargestellt im Gauss-Krüger-3-System**

## 5 Modelltechnische Umsetzung

### 5.1 Berechnung der Vorbelastung mit RCG

#### 5.1.1 Modellbeschreibung

Die rechnerische Bestimmung der Beiträge von bestimmten Emittentengruppen zu den NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Immissionen erfordert die Anwendung eines chemischen Transportmodells, da NO<sub>2</sub> überwiegend über chemische Prozesse gebildet wird. Auch die PM<sub>10</sub>-Immission wird nicht nur durch die direkten PM<sub>10</sub>-Emissionen verursacht, sondern zu einem großen Teil durch die sekundäre Aerosolbildung in der aus gasförmigen Vorläuferstoffen wie NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub> sekundäre Partikel wie Sulfate, Nitrate und Ammonium entstehen. Das hier verwendete chemische Transportmodell ist REM-CALGRID (RCG), das an der Freien Universität Berlin entwickelt wurde (STERN, 2003, 2006A, STERN ET AL., 2008). Das RCG-Modell wurde inzwischen schon mehrfach auf Bundesländerebene im Rahmen der Erstellung von Luftreinhalteplänen, z. B. in der Rhein-Main-Region (IVU UMWELT, 2009), der Berechnung von Hintergrundkonzentrationen oder zur Analyse grenzüberschreitender Schadstofftransporte (IVU UMWELT, 2004, 2006C, 2006D; STERN, 2006B) eingesetzt und ist das Ausbreitungsmodell im vom Umweltbundesamt beauftragten PAREST-Projekts zur Entwicklung von Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung (PAREST, 2010).

Das RCG-Modell berechnet die Konzentration von Schadstoffen an einem oder mehreren Orten in Abhängigkeit von der Emission, von physikalischen und chemischen Prozessen während des Transportvorgangs in der Atmosphäre sowie von meteorologischen und topographischen Einflüssen. Dazu wird der relevante Ausbreitungsraum, der ganz Europa oder auch nur eine Stadt oder ein Emittentengebiet umfassen kann, mit einem dreidimensionalen Gitter überspannt, in dessen Gitterzellen die Berechnung der Konzentrationen erfolgt. Das RCG-Modell betrachtet alle in den EU-Richtlinien für Luftqualität festgelegten Schadstoffe wie z. B. Feinstaub, Stickstoffoxide oder Ozon. Die Berechnung der Konzentrationen erfolgt auf Stundenbasis für das ganze Jahr. Mit den RCG-Simulationsrechnungen lassen sich die Ursachen für Luftbelastungen analysieren und die Beiträge von unterschiedlichen Emittenten zur Luftqualität bestimmen. Die Anwendung von sogenannten genesteten Feldern erlaubt es, je nach Fragestellung und Gebietsgröße unterschiedlich hohe räumliche Auflösung abzubilden.

### 5.1.2 Berechnungsskalen

Die Anwendung des RCG-Modells erfolgte in den 4 Skalen:

- europäische Skala (Nest 0),
- überregionale Skala (Hessen und umliegende Bundesländer, Nest 1),
- regionale Skala (Nest 2) und
- urbane Skala (Nest 3).

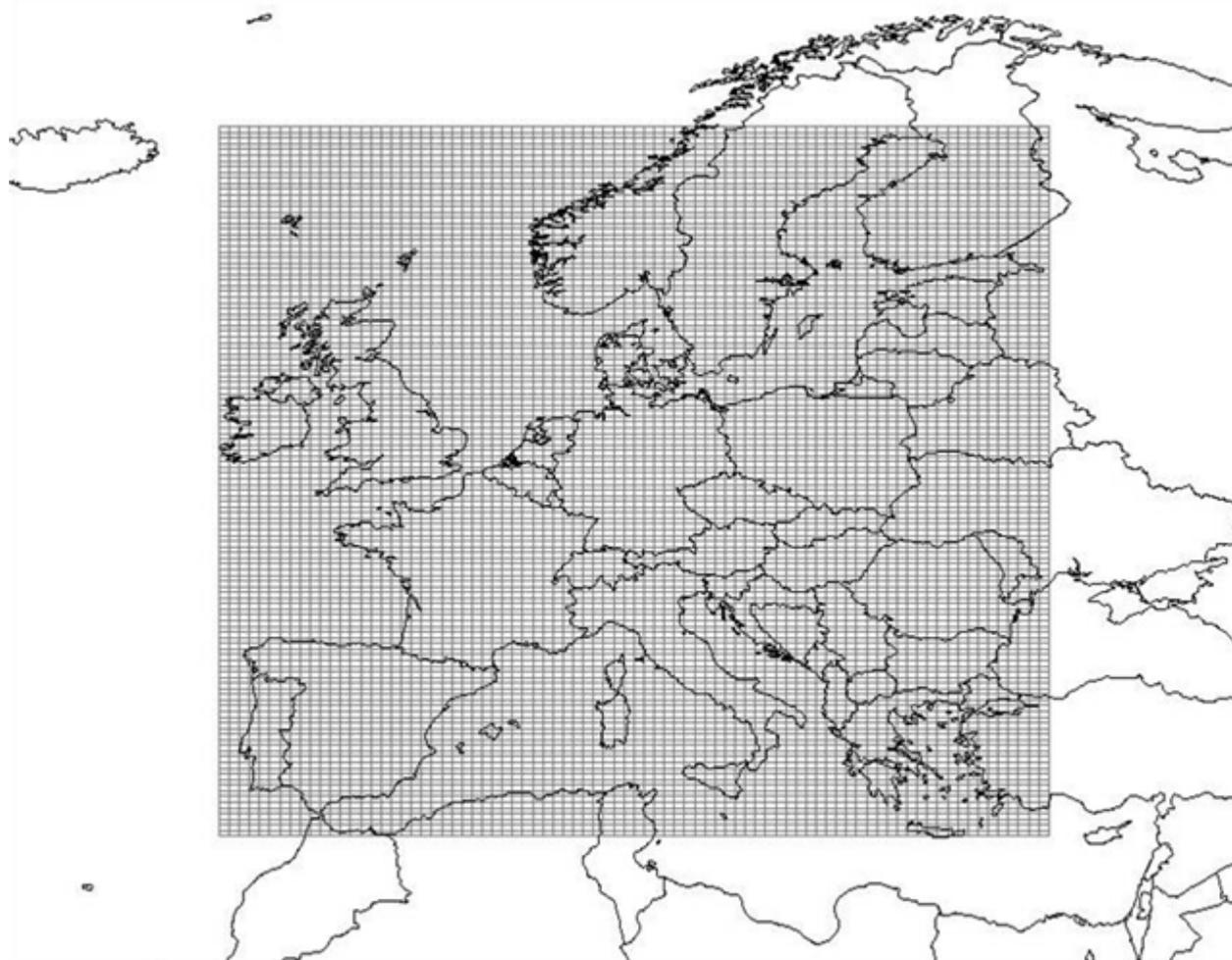
Die europaweite Rechnung lieferte die Hintergrundkonzentrationen für die überregionale Skala Hessen und umliegende Bundesländer. Die überregionale Rechnung lieferte die Hintergrundkonzentrationen für die regionale Skala und die Rechnung für die regionale Skala die Hintergrundkonzentrationen für die urbane Skala. Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung auf der urbanen Skala sind in Abschnitt 6 dargestellt und wurden als Vorbelastung für die Straßenraumberechnungen mit dem CPB-Modell (s. Abschnitt 5.2) verwendet.

Da die zu untersuchenden 16 Gemeinden zum Teil sehr weit aus einander liegen, mussten im Rahmen der geschachtelten Anwendung des RCG-Modells für die regionale Skala (Nest 2) mehrere Teilgebiete definiert werden, die jeweils zwei bis vier der eigentlichen Untersuchungsgebiete der urbanen Skala (Nest 3) beinhalten:

- Teilgebiet „Nord“ mit den Gemeinden, Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach
- Teilgebiet „West“ mit den Gemeinden Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar,
- Teilgebiet „Ost“ mit den Gemeinden Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern sowie
- Teilgebiet „Süd“ mit den Gemeinden Bad Schwalbach und Rüdesheim.

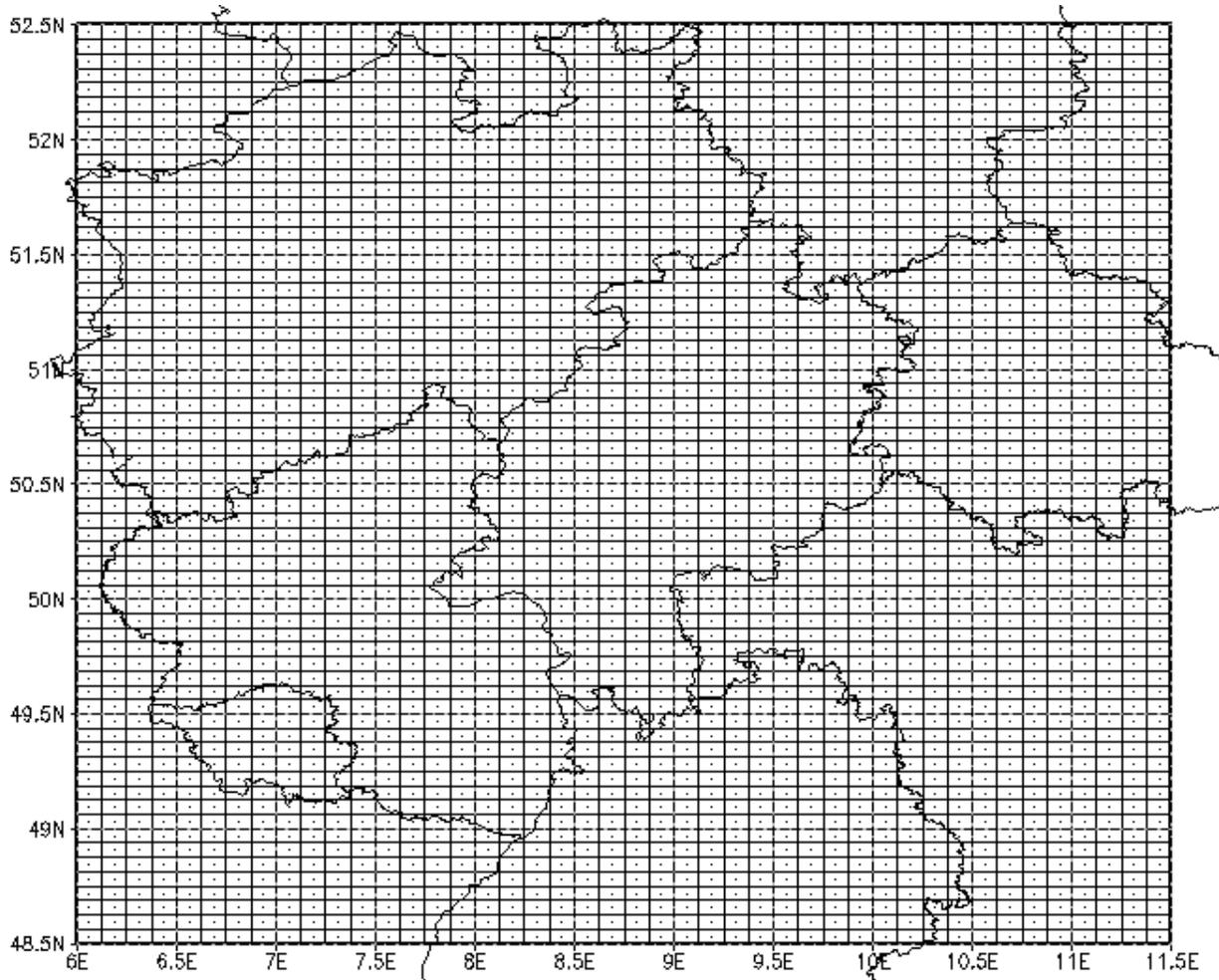
Die Modellgebiete der urbanen Skala (Nest 3) umfassen dann jeweils die betrachteten Gemeinden.

Das RCG-Modell wurde für die europaweite Rechnung (Nest 0) auf das in Abbildung 5-1 gezeigte Modellgebiet angewendet. Die horizontale Auflösung beträgt in einem geographischen Koordinatensystem  $0.5^\circ$  Länge und  $0.25^\circ$  Breite, was circa  $30 \cdot 30 \text{ km}^2$  entspricht. In der Vertikalen wurde die untere Atmosphäre mit 5 Schichten aufgelöst.



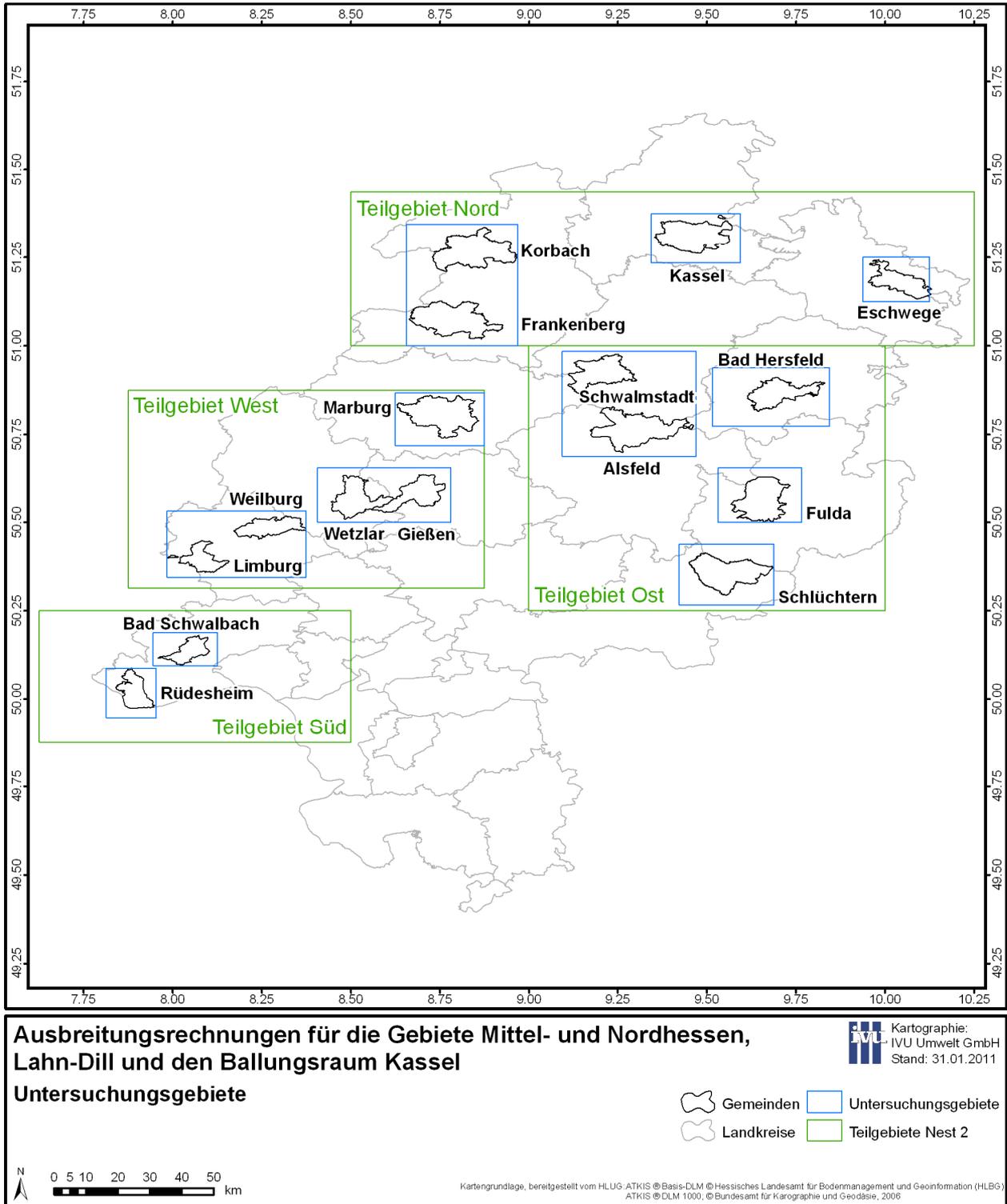
**Abbildung 5-1: Europaweites RCG-Modellgebiet mit einer Maschenweite von  $0.25^\circ$  Breite und  $0.5^\circ$  Länge (circa  $30 \cdot 30 \text{ km}^2$ )**

Die überregionale Skala umfasst das Bundesland Hessen und die an Hessen angrenzenden Gebiete der benachbarten Bundesländer und ist in Abbildung 5-2 dargestellt. Die horizontale Auflösung beträgt in einem geographischen Koordinatensystem  $0.125^\circ$  Länge und  $0.0625^\circ$  Breite, was etwa  $8 \cdot 7 \text{ km}^2$  entspricht.



**Abbildung 5-2: RCG-Modellgebiet für Hessen und die umliegenden Bundesländer mit einer Maschenweite von  $0.125^\circ$  Länge und  $0.0625^\circ$  Breite (Nest 1, circa  $8 \cdot 7 \text{ km}^2$ )**

Eingebettet in das Modellgebiet der überregionalen Skala sind die Modellgebiete der vier Teilgebiete des Nests 2 und wiederum in diese Teilgebiete eingebettet die Rechengebiete für die ausgewählten Gemeinden (Nester 3). Abbildung 5-3 zeigt als Wiederholung der Abbildung 3-1 die vier Teilgebiete des Nests 2 und die Modellgebiete für die Gemeinden. Die horizontale Auflösung der Nester 2 beträgt in einem geographischen Koordinatensystem  $0.015625^\circ$  Länge und  $0.0078125^\circ$  Breite (circa  $1 \cdot 1 \text{ km}^2$ ), diejenige der Nester 3  $0.0078125^\circ$  Länge und  $0.00390625^\circ$  Breite (circa  $500 \cdot 500 \text{ m}^2$ ). Die Modellgebiete wurden so gewählt, dass die betreffende Gemeinde möglichst vollständig innerhalb des Modellgebiets liegt. Die genauen Gebietsgrenzen sind in Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 zusammengestellt.



**Abbildung 5-3: Teilgebiete des Nest 2 und darin eingebettet die urbanen Untersuchungsgebiete (Nest 3)**

**Tabelle 5-1: Geographische Grenzen der Modellgebiete Nest 0, 1 und 2**

	von	bis	Auflösung
<b>Europa (Nest 0)</b>			
Länge	10° West	30° Ost	0.5°
Breite	35.25° Nord	66° Nord	0.25°
<b>Hessen und umliegende Bundesländer (Nest 1)</b>			
Länge	6° Ost	11.5° Ost	0.125°
Breite	48.5° Nord	52.5° Nord	0.0625°
<b>Nest 2, Teilgebiet Nord</b>			
Länge	8.5° Ost	10.25° Ost	0.015625°
Breite	51° Nord	51.4375° Nord	0.0078125°
<b>Nest 2, Teilgebiet West</b>			
Länge	7.875° Ost	8.875° Ost	0.015625°
Breite	50.3125° Nord	50.875° Nord	0.0078125°
<b>Nest 2, Teilgebiet Ost</b>			
Länge	9° Ost	10° Ost	0.015625°
Breite	50.25° Nord	51° Nord	0.0078125°
<b>Nest 2, Teilgebiet Süd</b>			
Länge	7.625° Ost	8.5° Ost	0.015625°
Breite	49.875° Nord	50.25° Nord	0.0078125°

Tabelle 5-2: Geographische Grenzen der Untersuchungsgebiete (Nest 3)

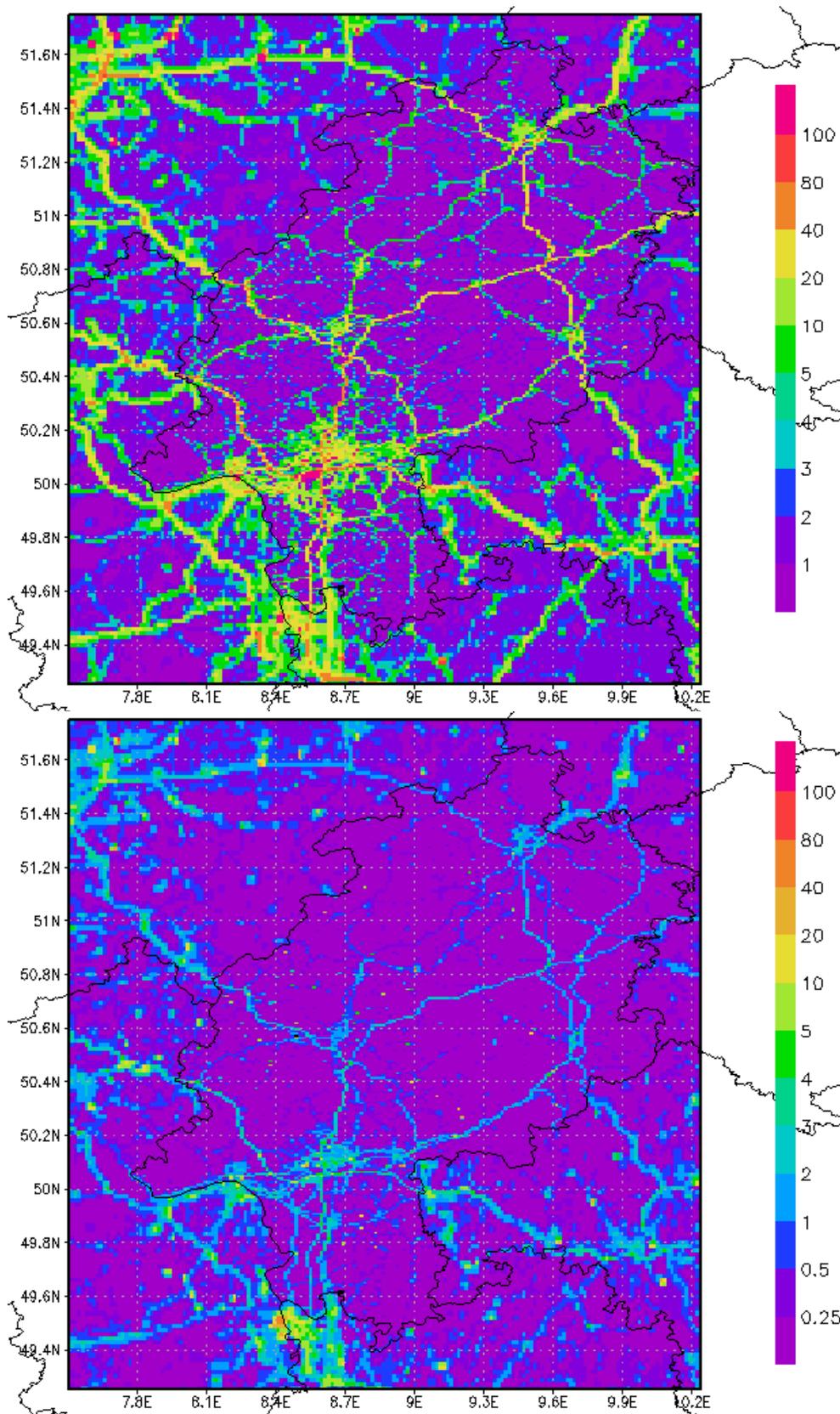
	von	bis	Auflösung
<b>Nester 3 in Teilgebiet Nord</b>			
<b>Kassel</b>			
Länge	9.34375° Ost	9.59375° Ost	0.0078125°
Breite	51.234375° Nord	51.375° Nord	0.00390625°
<b>Eschwege</b>			
Länge	9.9375° Ost	10.125° Ost	0.0078125°
Breite	51.125° Nord	51.25° Nord	0.00390625°
<b>Korbach/Frankenberg</b>			
Länge	8.65625° Ost	8.96875° Ost	0.0078125°
Breite	51° Nord	51.34375° Nord	0.00390625°
<b>Nester 3 in Teilgebiet West</b>			
<b>Marburg</b>			
Länge	8.625° Ost	8.875° Ost	0.0078125°
Breite	50.71875° Nord	50.8671875° Nord	0.00390625°
<b>Wetzlar/Gießen</b>			
Länge	8.40625° Ost	8.78125° Ost	0.0078125°
Breite	50.5° Nord	50.65625° Nord	0.00390625°
<b>Limburg/Weilburg</b>			
Länge	7.984375° Ost	8.375° Ost	0.0078125°
Breite	50.34375° Nord	50.53125° Nord	0.00390625°
<b>Nester 3 in Teilgebiet Ost</b>			
<b>Schwalmstadt/Alsfeld</b>			
Länge	9.09375° Ost	9.46875° Ost	0.0078125°
Breite	50.6875° Nord	50.984375° Nord	0.00390625°
<b>Bad Hersfeld</b>			
Länge	9.515625° Ost	9.84375° Ost	0.0078125°
Breite	50.7734375° Nord	50.9375° Nord	0.00390625°
<b>Fulda</b>			
Länge	9.53125° Ost	9.765625° Ost	0.0078125°
Breite	50.5° Nord	50.65625° Nord	0.00390625°
<b>Schlüchtern</b>			
Länge	9.421875° Ost	9.6875° Ost	0.0078125°
Breite	50.265625° Nord	50.4375° Nord	0.00390625°
<b>Nester 3 in Teilgebiet Süd</b>			
<b>Rüdesheim</b>			
Länge	7.8125° Ost	7.953125° Ost	0.0078125°
Breite	49.9453125° Nord	50.0859375° Nord	0.00390625°
<b>Schwalbach</b>			
Länge	7.9453125° Ost	8.125° Ost	0.0078125°
Breite	50.09375° Nord	50.1875° Nord	0.00390625°

### 5.1.3 Emissionen

Wie in Abschnitt 4.3 erwähnt wurden für alle Gebiete außerhalb von Hessen die für das Bezugsjahr 2005 in 16 Verursacherguppen vorliegenden Emissionsdaten aus dem PAREST-Projekts (PAREST, 2010; JÖRß ET AL., 2010) verwendet. Diese Daten decken ganz Europa in einer Auflösung von 0.125° Breite und 0.0625° Länge ab und können damit direkt für alle Berechnungen in Nest 0 und Nest 1 verwendet werden. Für Deutschland wurden die PAREST-Daten in einer Auflösung von 0.015625° (circa 2 · 2 km<sup>2</sup>) erhoben. Diese Daten wurden in den Rechnungen in Nest 2 und Nest 3 für alle Gebiete außerhalb von Hessen benutzt. Für alle Berechnungen in den Nestern 1, 2 und

3 wurden innerhalb von Hessen die in Abschnitt 4.3.1ff beschriebenen Daten verwendet, ergänzt um die NMVOC-Emissionen aus dem Lösemittelverbrauch privater Haushalte in Hessen aus dem PAREST-Projekt.

Abbildung 5-4 zeigt die für die Berechnungen in den vier Teilgebieten Nord, West, Ost und Süd verwendeten  $\text{NO}_x$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Emissionsdaten in der Gitterauflösung des Nest 2 von  $0.015625^\circ$  Länge und  $0.0078125^\circ$  Breite (circa  $1 \cdot 1 \text{ km}^2$ ). Die PAREST-Emissionsdaten und die hessischen Emissionsdaten passen an den hessischen Landesgrenzen in der Niveauhöhe gut zusammen. Insbesondere bei den  $\text{NO}_x$ -Daten wird aber deutlich, dass die PAREST-Emissionsdaten nur in einer Auflösung von circa  $2 \cdot 2 \text{ km}^2$  vorliegen während die hessischen Daten eine Auflösung von circa  $500 \cdot 500 \text{ m}^2$  in den Bereichen der Nester 3 und circa  $1 \cdot 1 \text{ km}^2$  in den Gebieten außerhalb der Nester 3 besitzen.



**Abbildung 5-4:** Emissionsdaten für NO<sub>x</sub> (oben) und PM<sub>10</sub> (unten) in t/(a · km<sup>2</sup>) für Hessen und Umgebung in einer Auflösung von 0.015625° Länge und 0.0078125° Breite (circa 1 · 1 km<sup>2</sup>). Außerhalb von Hessen PAREST-Emissionsdaten; innerhalb von Hessen Daten aus dem hessischen Emissionskataster

#### 5.1.4 Meteorologische Felder

Die meteorologischen Eingangsdaten für alle Skalen wurden erstellt aus

- Radiosonden- und Pilotmeldungen der synoptischen Aerologiestationen sowie
- stündlichen und dreistündlichen Beobachtungen aus dem synoptischen Beobachtungsnetz.

Die Erstellung aller vom RCG-Modell benötigten meteorologischen Daten für alle Untersuchungsgebiete erfolgte mit dem an der FU Berlin entwickelten diagnostischen Analysesystems TRAMPER (Tropospheric Realtime Applied Procedures for Environmental Research, REIMER & SCHERER, 1992; KERSCHBAUMER & REIMER, 2003). Das angewandte Analyseverfahren besteht im Kern aus einer statistischen Interpolation (Optimum Interpolation) beobachteter und abgeleiteter Feldgrößen auf isentropen Flächen am Gitterpunkt und einem physikalischen Abgleich der Felder mittels Variationsrechnung.

Die dreidimensional analysierten Variablen sind

- Montgomery-Potential  $M = c_p T + gH$ ,
- Druck (Temperatur)  $p^k = (p/1000)^{2/7}$ ,
- lokale Stabilität  $Mp^k / M\Theta$ ,
- Windvektorkomponenten,
- vertikale Windscherung und
- relative Feuchte,

die auf 24 isentropen Flächen und einer Bodenfläche (Sigma-Koordinate) dargestellt werden.

Zweidimensional werden dargestellt

- Bewölkung und Wetter aus Bodenbeobachtungen,
- Potentielle Temperatur in 2 m Höhe,
- Bodendrucktendenz (dreistündlich),
- Inversionshöhen aus Radiosonden und
- Niederschlag.

Das Schema ist als skalenabhängiges Korrekturverfahren aufgebaut und verwendet großräumige Analysen oder Vorhersagefelder als Ausgangspunkt. Der Verfahrensablauf gliedert sich auf in die Schritte

- Analysen der Boden- und Radiosondenbeobachtungen,
- zeitliche Interpolation auf stündliche Zwischentermine und
- Berechnung der Grenzschichtvariablen.

In die Analyse sind die räumliche und zeitliche Erfassung der Temperaturinversionen und ihrer Mächtigkeit sowie die horizontale Interpolation von Niederschlag, Bedeckungsgrad, Wolkentyp usw. eingebunden. Nach der dreidimensionalen Analyse werden die Grenzschichtvariablen und, unter Berücksichtigung der beobachteten Temperaturinversionen, der tägliche Verlauf der Mischungshöhe berechnet. Die Parameter am Boden sind auf einer dem Terrain folgenden Koordinatenfläche definiert und werden auf die Modelltopographie abgestimmt.

Das Ergebnis der Analyse sind dreidimensionale Felder von Windkomponenten, Temperatur und Feuchte, zweidimensionale Felder der meteorologischen Bodenbeobach-

tungen und der Grenzschichtparameter einschließlich Mischungshöhen sowie eine dreidimensionale Inversionsdarstellung im gesamten Modellgebiet.

Für die kleinräumigen Analysen werden charakteristische orographische Effekte des untersuchten Gebietes in die 3-dimensionale Strömung integriert, insbesondere Hangwinde und Barriereneffekte. Dabei werden mit Hilfe von Strömungsadaptationsalgorithmen alle Windfelder im orographisch gegliederten Gelände angepasst. Gegenüber einem prognostisch-numerischen Modellierungsansatz hat die diagnostische Methode des TRAMPER-Systems den Vorteil, dass sie sich wesentlich auf vorhandene meteorologische Messungen stützt und daher eine unmittelbare Diskussion lokaler Wetterphänomene in Verbindung mit den Immissionsmessungen erlaubt.

Pro Tag wurden zusammenhängend 24 Analysen ausgeführt. Die Ausgangsfelder wurden aus der großräumigen Analyse erstellt und im feinen Gitter mit den vorhandenen Daten korrigiert. Dabei wurden alle isentropen Flächen neu angepasst, um eine optimale vertikale Auflösung der Felder in dem kleinen Gebiet zu erhalten.

Die Grenzschichtgrößen wurden in stündlicher Folge berechnet, wobei die Topographie in der Bestrahlung beachtet wurde. Die Mischungshöhe wurde in diesem Zusammenhang einer speziellen Glättung unterzogen, um im Gegensatz zur sehr detaillierten Topographie und Landnutzung eine generalisiertere Grenzschichthöhe zu erhalten, die kleinere Täler nicht zu stark berücksichtigt.

Das diagnostische Strömungsmodul arbeitet in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird das mittlere Strömungsgrundfeld der Modellregion erzeugt und an das thermodynamisch und topographisch bedingte Strömungsverhalten adaptiert. Im zweiten Schritt werden Stationsmessdaten mit räumlich begrenzter Wichtung in das Grundfeld integriert und die vertikale Geschwindigkeitskomponente physikalisch adaptiert. Das endgültige Strömungsfeld wird mittels einem iterativem Verfahren zur Massenerhaltung gezwungen.

### **5.1.5 Ausbreitungsrechnungen**

Die durchgeführten RCG-Rechenläufe sind in Abschnitt 2 zusammengestellt. Jeder Rechenlauf umfasste das ganze Jahr 2008 bzw. 2005 in stündlicher Auflösung. Die Ergebnisse des Europalaufes dienten als Randbedingung für den überregionalen Lauf (Nest 1), dessen Ergebnisse als Randbedingung für die regionalen Läufe (Nester 2) und deren Ergebnisse als Randbedingungen für die urbanen Läufe (Nester 3). Die Vorbelastung für die CPB-Straßenraumberechnungen sowie alle von CPB benötigten meteorologischen Parameter wurden in stündlicher Auflösung aus den RCG-Ergebnissen für die Nester 3 extrahiert. Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen werden in Abschnitt 6 für die Untersuchungsgebiete der Nester 3 dargestellt.

## 5.2 Berechnung der Zusatz- und Gesamtbelastung mit CPB

### 5.2.1 Modellbeschreibung

Mit dem analytisch-empirischen Ausbreitungsmodell CPB (Canyon Plume Box, YAMARTINO & WIEGAND, 1986; IVU, 1996A; IVU, 1996B) können die verkehrsbedingten Luftschadstoffimmissionen in einem Straßenraum berechnet werden. Das Modell beruht auf physikalischen Prinzipien und wurde hinreichend an gemessenen Immissionsdaten überprüft.

CPB kann einen weiten Bereich von Schluchtgeometrien behandeln, wie etwa unterschiedliche Bebauungshöhen auf beiden Seiten. Das Modell besteht im Wesentlichen aus drei Teilen,

- einem Strömungsmodul, das die für den Transport der Schadstoffe im Straßenraum benötigten Windfelder bereitstellt,
- einem empirischen Turbulenzmodul, das die für die turbulente Ausbreitung der Schadstoffe im Straßenraum benötigten Größen bereitstellt und
- einem Ausbreitungsmodul, das aus einem Dispersionsmodell für Anströmung quer zur Straße und einem Modell für straßenparallele Anströmung besteht. Kriterium für das interne Umschalten zwischen beiden Modellen ist die Turbulenzintensität am Boden der Straßenschlucht.

Das Ausbreitungsmodul ist der Kern des CPB-Modells. Es setzt sich seinerseits aus einer Reihe von Untermodellen zusammen, die die Berücksichtigung von verschiedenen, die Schadstoffdispersion beeinflussenden Mechanismen erlauben.

Diese Mechanismen sind

- anfängliche, fahrzeuginduzierte Durchmischung,
- Dispersion der Schadstoffwolke entlang des Wirbels,
- Rezirkulation der Schadstoffe,
- Frischlufteinfall nahe der Luvwand zur Berücksichtigung der advektiven Belüftung des Straßenraums,
- Korrekturen für Diffusion mit dem Wind,
- Reflektion der Schadstoffe an den Schluchtwänden und
- Mäandern der Windrichtung.

CPB ist ein Straßenraum-Ausbreitungsmodell, das umfangreich validiert wurde und in der Implementierung IMMIS<sup>cpb</sup> bereits in IVU UMWELT (2006A, 2006B) zum Einsatz kam. Es enthält mehrere Photochemie-Module, die es erlauben, NO<sub>2</sub>-Immissionen zu berechnen.

Die Emissionen des Straßenverkehrs wurden in stündlicher Auflösung mit dem Modell IMMIS<sup>em,h</sup> 5 (IVU UMWELT, 2010A) berechnet. Das Modell basiert auf dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs Version 3.1 (HBEFA) des Umweltbundesamts (INFRAS, 2010). Es berechnet auf Basis einer intern modellierten oder vorgegebenen Verkehrsqualität Emissionen des fahrenden Verkehrs, Zuschläge für Kalt- und Kühlstart sowie zusätzlich die nicht-motorbedingten PM10-Emissionen. Im Unterschied zur Vorversion beinhaltet die aktuelle Version des HBEFA neben Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> auch Emissionsfaktoren für NO<sub>2</sub>, so dass die für die NO<sub>2</sub>-Modellierung benötigten NO<sub>2</sub>-Direktemissionen (s. Abschnitt 5.2.2) unmittelbar zur Verfügung stehen.

### 5.2.2 Photochemisches Modul zur NO<sub>2</sub>-Bestimmung im Straßenraum

In der hier vorliegenden Untersuchung wurde in IMMIS<sup>cpb</sup> das Photochemiemodul nach HERTEL & BERKOWICZ (1989) eingesetzt, das den Ansatz von YAMARTINO & WIEGAND (1986) weiterführt. Folgende drei Reaktionsgleichungen zur Umwandlung von NO<sub>2</sub> laufen im Wesentlichen im Straßenraum ab:

- R1: Photolyse des NO<sub>2</sub> in NO und Sauerstoffatom (O) bei Strahlung mit Wellenlänge < 410 µm  
 R2: Rekombination von Sauerstoffatom (O) mit O<sub>2</sub> zu O<sub>3</sub>  
 R3: Ozonabbau durch NO in NO<sub>2</sub> und O<sub>2</sub>

In der für die Ausbreitung im Straßenraum relevanten Zeitskala sind dies die entscheidenden Reaktionen, da sie unter den meisten Bedingungen um Größenordnungen schneller ablaufen als konkurrierende Reaktionen, an denen NO, NO<sub>2</sub> oder O<sub>3</sub> beteiligt sind.

Als Folge der oben dargestellten drei Prozesse stellt sich theoretisch ein photochemisches Gleichgewicht ein, das durch die Gleichgewichtsbeziehungen in Gleichung 1 beschrieben wird. Volumenkonzentrationen (z. B. ppb) sind im Folgenden durch eckige Klammern gekennzeichnet.

$$\frac{[O_3] \cdot [NO]}{[NO_2]} = \frac{k_1}{k_3} \quad \text{Gleichung 1}$$

mit  $k_1$  = NO<sub>2</sub>-Photolysefrequenz in 1/s

$k_3$  = Reaktionskonstante für Reaktion R3 in 1/(ppb · s)

HERTEL & BERKOWICZ (1989) gehen davon aus, dass die photochemische Gleichgewichtsbedingung in Gleichung 1 in der Straßenschlucht nicht zwingend erfüllt sein muss, sondern dass die Aufenthaltszeit der beteiligten Luftschadstoffe gegebenenfalls zu kurz ist, als dass sich dieses Gleichgewicht einstellt. Sie berücksichtigen daher in ihren Gleichungen einen Luftaustausch zwischen Straßenschlucht und Überdachbereich. Dieser wird durch den Austauschkoeffizienten D beschrieben:

$$D = 1/(k_3 \cdot \tau) \text{ in ppb} \quad \text{Gleichung 2}$$

Dabei ist  $\tau$  eine Zeitkonstante in Sekunden, die die Austauschrate zwischen Straßenschlucht und Überdachbereich bestimmt und sich aus der Gebäudehöhe der untersuchten Straßenschlucht sowie einer Geschwindigkeitsgröße, die neben dem Überdachwind auch eine mit 0.1 m/s parametrisierte fahrzeuginduzierte Turbulenz berücksichtigt, bestimmt. Die Reaktionskonstante  $k_3$  für Reaktion R3 wird in Abhängigkeit der Temperatur bestimmt. Die NO<sub>2</sub>-Photolysefrequenz  $k_1$  wird aus der Globalstrahlung abgeschätzt.

Mit den Indizes „Kfz“ zur Kennzeichnung der durch den Kfz-Verkehr in der betrachteten Straßenschlucht verursachten Belastung und „HG“ zur Kennzeichnung der städtischen Hintergrundbelastung wird die Berechnung der NO<sub>2</sub>-Konzentration durch die folgende Gleichung 3 hergeleitet, die die analytische Lösung der Reaktionsbeziehungen darstellt:

$$[NO_2] = \frac{b}{2} - \sqrt{\frac{b^2}{4} - [NO_x][NO_2]_a + D \cdot ([NO_2]_{Kfz} + [NO_2]_{HG})} \quad \text{Gleichung 3}$$

mit

$$[\text{NO}_2]_a := [\text{NO}_2]_{\text{Kfz}} + [\text{NO}_2]_{\text{HG}} + [\text{O}_3]_{\text{HG}}$$

$$b := [\text{NO}_x] + [\text{NO}_2]_a + \frac{k_1}{k_3} + D$$

und

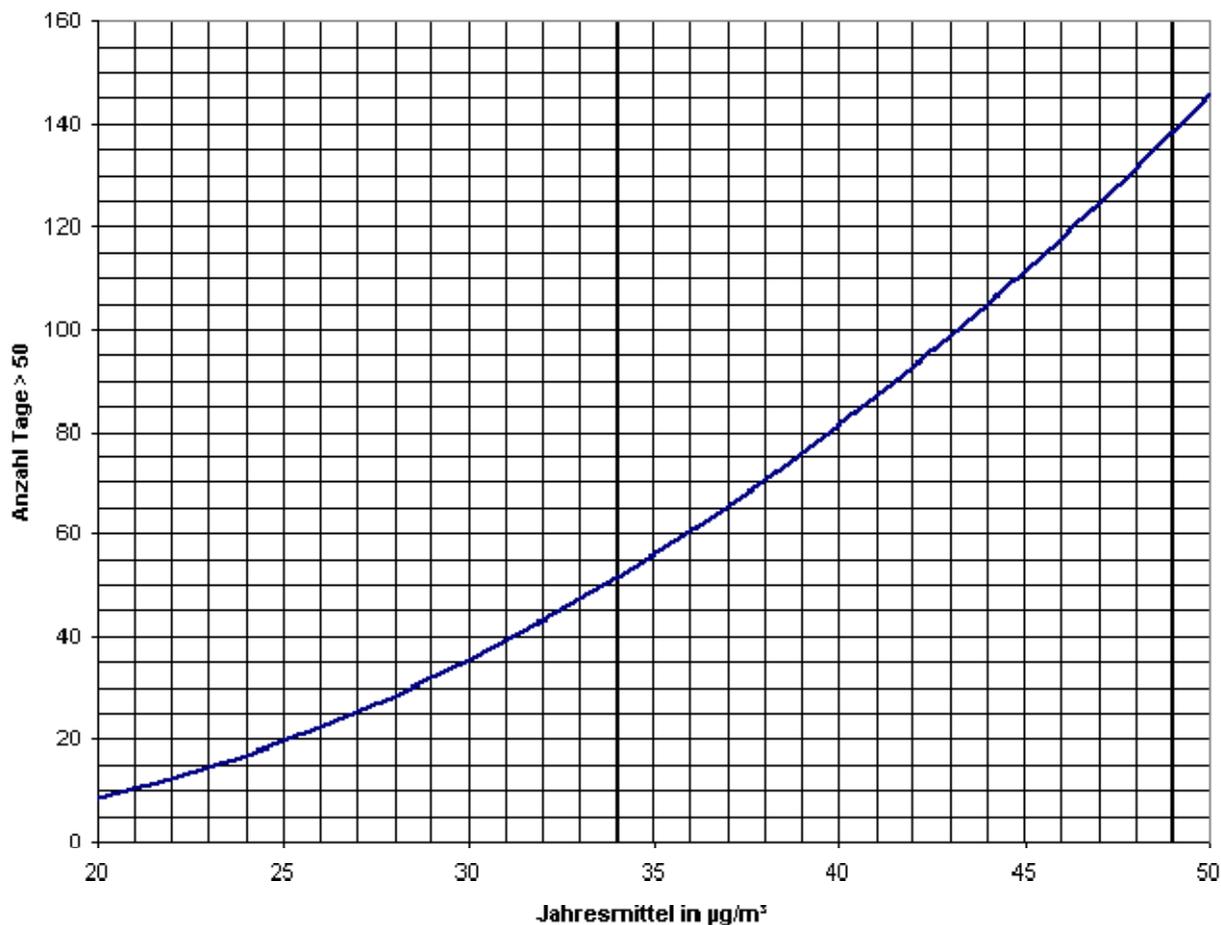
$$[\text{NO}_2]_{\text{Kfz}} := f \cdot [\text{NO}_x]_{\text{Kfz}}$$

wobei  $f = \text{NO}_2/\text{NO}_x$  der Anteil des direkt emittierten  $\text{NO}_2$  an den  $\text{NO}_x$ -Emissionen in der Straßenschlucht ist.

Eingangsdaten für die  $\text{NO}_2$ -Berechnung in stündlicher Auflösung nach diesem Ansatz sind neben der Höhe der Schluchtbebauung stündliche Werte der berechneten  $\text{NO}_x$ -Zusatzbelastung, der Überdach- bzw. Hintergrundkonzentrationen von  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  und  $\text{O}_3$ , der  $\text{NO}_2$ -Zusatzbelastung, die sich aus den  $\text{NO}_2$ -Direktemissionen des Kfz-Verkehrs ergibt, der Überdach-Windgeschwindigkeit, der Temperatur sowie der Globalstrahlung. All diese Eingangsdaten stehen in stündlicher Auflösung für jede betrachtete Straßenschlucht aus den modellierten Meteorologiefeldern, den RCG-Ausbreitungsrechnungen für die Vorbelastung, der stündlichen Emissionsmodellierung mit IMMIS<sup>em</sup> und der CPB-Ausbreitungsrechnung zur Verfügung. Als Ergebnis werden stündliche Werte der  $\text{NO}_2$ -Gesamtbelastung berechnet, die zu Jahresmittelwerten aggregiert werden.

### 5.2.3 Überschreitungshäufigkeit des PM10-Tagesgrenzwerts

Zur Bestimmung der Anzahl an Tagen mit Überschreitungen des ab 2005 gültigen Tagesgrenzwerts von PM10 wird in IVU UMWELT (2006B) ein Ansatz auf der Basis des Jahresmittelwerts von PM10 aufgezeigt. Eine Darstellung dieser Funktion findet sich in Abbildung 5-5. Bei einem Jahresmittelwert von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird der Grenzwert von 35 Überschreitungen im Jahr erreicht. Eine Minderung des Jahresmittelwerts im Bereich von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  um  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  führt zu einer Reduktion um 3 bis 4 Überschreitungstage. Eine Reduktion von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  führt zu einer Reduktion um ca. 7 Überschreitungstage.



**Abbildung 5-5:** Statistischer Zusammenhang zwischen dem Jahresmittelwert von PM10 und der Anzahl Tage mit einem PM10-Tagesmittelwert über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$



#### 5.2.4 Anwendung

Für die Berechnung der Immissionsbelastung an den 87 Aufpunkten in den Straßenräumen wurde IMMIS<sup>cpb</sup> angewendet. Die Vorbelastungen (Überdach-Konzentrationen) der Stoffe PM10, NO, NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> sowie die benötigten meteorologischen Eingangsdaten wurden in stündlicher Auflösung aus den Ergebnissen des RCG-Modells bzw. den meteorologischen Feldern entnommen. Dabei wurden für jeden Straßenabschnitt die Werte der RCG-Gitterzelle angesetzt, in der der jeweilige Abschnittsmittelpunkt liegt.

Die Berechnungen mit IMMIS<sup>cpb</sup> basieren auf den vom HLUG bereitgestellten Eingangsdaten entsprechend Tabelle 4-1. Für einige Abschnitte lagen fahrtrichtungsbezogene Verkehrsdaten vor, die in IMMIS<sup>cpb</sup> berücksichtigt werden können. Diese Differenzierung ist in Tabelle 5-3 und Tabelle 5-4, die die Tabelle 4-1 ergänzen, aufgeführt. Dabei ist bei allen richtungsgetrenten Parametern mit „1“ jeweils die Fahrtrichtung entsprechend der Straßenabschnittsdefinition aus Tabelle 4-1 bezeichnet und mit „2“ die Gegenrichtung. Bei Abschnitten, wo die Spalte „2“ keine Werte enthält, handelt es sich entweder um eine Einbahnstraße, oder es lagen querschnittsbezogene Daten vor. Alle Verkehrsbelastungen wurden gleichmäßig auf die Spuren der jeweiligen Fahrtrichtung bzw. des Querschnitts verteilt.

Die Lage der einzelnen Fahrspuren wurde über Luftbildauswertungen festgelegt und ist in den Spalten „Spurx“ dokumentiert, wobei jeweils der Abstand der Spurmittle von der Bebauung in Fahrtrichtung links und die Spurbreite angegeben ist. Querschnittsdarstellungen der Abschnitte finden sich in Anhang A.

Für jeden Abschnitt wurden die Zeitreihen der Konzentrationen an je einem Rezeptorpunkt auf jeder Straßenseite berechnet. Für die Auswertung wurde jeweils der höhere Jahresmittelwert der beiden Zeitreihen verwendet. Die Lage der Rezeptoren wurde so festgelegt, dass sie beiderseits der Fahrbahn einen Abstand von einem 1 m zum Fahrbahnrand aufweisen. Damit ist näherungsweise die Mitte des Gehweges repräsentiert. Lagen zwischen Gehweg und Fahrbahn noch Parkflächen, Radwege oder andere Flächen, so wurde dies bei der Berechnung der Rezeptorposition entsprechend berücksichtigt. Die Position der Rezeptoren ist in den Spalten „Rez1“ und „Rez2“ dokumentiert. Für Abschnitte, in denen eine Messstation oder ein Passivsammler vorhanden ist (siehe Abschnitt 7.1), wurde für die entsprechende Position ein dritter Rezeptor gemäß der Spalte „Rez3“ als Berechnungspunkt definiert und für den Vergleich mit Messwerten herangezogen.

**Tabelle 5-3: Parameter der 87 Straßenabschnitte. Näheres siehe Text.**

ID Stadt	Straße	DTV	Spuren	Verkehrssituation	Tempolimit	Längsneigung	Einbahn	Höhe links	Höhe rechts	Breite	Porosität	Austrichtung
1	Bahnhofstr.	11'100	2	HVS	50	0	-	12,0	10,0	20	36	44
2	Bad Adolfsstr.	11'683	2	HVS	50	0	-	12,0	8,0	16	33	46
3	Schwaldbach	10'825	2	HVS	50	0	-	14,5	13,0	9	18	47
4	Rheinstr./Am Kurpark	25'800	2	HVS	50	0	-	15,0	14,5	20	39	43
5	Reitallee/Am Kurpark	10'650	2	HVS	50	0	-	13,5	13,5	12	64	76
6	Eschwege	15'271	4	HVS	50	2	-	5,0	7,5	22	39	98
7	Frankfurter Str. 16	17'000	2	HVS	50	0	-	7,5	10,5	22,5	40	0
8	Haimbacher Str. 38	11'500	2	HVS	50	0	-	7,5	7,5	24,5	55	70
9	Heinrichstr. 33	6'700	2	HVS	50	0	ja	15,0	16,5	20	18	141
10	Horaser Weg 40	8'000	3	HVS	50	0	-	9,0	10,5	23	46	173
11	Königstr. 52	4'000	2	HVS	50	0	-	13,5	13,5	16	10	151
12	Fulda	5'100	2	HVS	50	0	-	7,5	7,5	13,5	35	65
13	Kreuzbergstr. 27	7'500	2	HVS	50	0	-	10,5	10,5	35	74	69
14	Künzeller Str. 93	12'400	3	HVS	50	0	-	7,5	7,5	26	75	119
15	Leipziger Str. 94	16'800	4	HVS	50	0	-	12,0	15,0	20	10	48
16	Niesiger Str. 23	10'400	2	HVS	50	0	-	13,5	7,5	23	42	12
17	Petersberger Str. 24-26	24'100	4	HVS	50	0	-	22,0	18,0	21	10	91
18	Zieherer Weg 43	8'800	2	HVS	50	0	-	7,5	9,0	17	46	145
19	Bahnhofstr. 53	6'300	2	HVS	50	0	-	15,0	13,5	11	16	38
20	Bismarckstr. 22	9'700	2	HVS	50	0	-	12,0	10,5	17	41	143
21	Bleichstr. 9	8'800	2	HVS	50	0	-	10,5	10,5	12	35	139
22	Frankfurter Str. 11	11'800	3	HVS	50	0	-	10,5	13,0	20	27	39
23	Frankfurter Str. 72	12'600	3	HVS	50	0	-	12,0	10,5	20	39	37
24	Frankfurter Str. 215	12'400	2	HVS	50	0	-	7,5	7,5	17	38	32
25	Gießener Str. 128	8'700	2	HVS	50	0	-	9,0	9,0	16	31	61
26	Grünberger Str. 10	23'700	5	HVS	50	0	-	13,5	13,5	24	10	73
27	Krofdorfer Str. 18	13'400	2	HVS	50	0	-	12,0	7,5	13	24	179
28	Ludwigstr. 42	11'700	2	HVS	50	0	-	10,5	10,5	15	29	54
29	Marburger Str. 36	27'800	4	HVS	50	0	-	12,0	15,0	28	33	27
30	Neustadt 23	10'100	2	HVS	50	0	-	20,0	15,0	12	10	119
31	Nordanlage 15	28'100	5	SM	50	0	-	12,0	12,0	24	46	64
32	Robert-Sommer-Str. 32	7'700	2	HVS	50	0	-	12,0	6,0	26	49	38
33	Rodheimer Str. 36	20'600	4	HVS	50	0	-	10,5	10,5	22	46	87
34	Schiffenberger Weg 35	17'800	2	HVS	50	0	-	10,5	10,5	25	37	142
35	Schulstr./Neuen Bäume 6	7'300	2	HVS	50	0	-	16,5	16,5	17	10	130
36	Sudetenlandstr. 13	7'300	2	HVS	50	0	-	10,5	10,5	37	56	110
37	Südanlage 30	21'500	5	HVS	50	0	-	22,5	11,5	24	10	104
38	Westanlage 28	26'900	4	HVS	50	0	-	15,0	15,0	21	23	147
39	Wetzlarer Str. 57	7'800	2	HVS	50	0	-	7,5	7,5	12	47	50
60	Diezer Str. 49-51	24'352	2	HVS	50	0	-	14,0	14,0	22	24	56
61	Frankfurter Str. 52	29'740	4	HVS	50	4	-	10,5	10,5	18	32	145
62	Limburg	34'876	5	HVS	50	0	-	14,0	14,0	23	10	138
63	Schiede 37-41	40'078	4	HVS	50	0	-	14,0	14,0	27	29	7
64	Stephanshügel	9'377	2	HVS	50	0	-	5,0	10,0	10	17	64

DTV in [Kfz/d], Längsneigung in [%], Höhe und Breite in [m], Porosität in [%], Austrichtung in [°], Verkehrssituationen: Hauptverkehrsstraße (HVS), Autobahn (AB), Städtische Magistrale / Ringstraße (SM), Höhe ist die Gebäudehöhe links und rechts des Straßenabschnitts, Breite der Abstand zwischen den Gebäudefronten, Porosität der Baulückenanteil des Straßenabschnitts.

Fortsetzung auf nächster Seite

ID Stadt	Straße	DTV	Spuren	Verkehrssituation	Temporärlimit	Längsneigung	Einbahn	Höhe links	Höhe rechts	Breite	Porosität	Ausrichtung
40	Brüderstr. 5	43'630	6	HVS	50	-3	-	13,5	13,5	28	30	56
41	Fünfensterstr. 14	19600	4	HVS	50	-1	-	20,0	30,0	28	10	136
42	Frankfurter Str. 102	34812	4	HVS	50	-1	-	12,0	13,5	31	10	21
43	Frankfurter Str. 247	15700	2	HVS	50	1	-	10,5	9,0	24	27	27
44	Friedrich-Ebert-Str. 32	16'200	2	HVS	50	0	-	13,5	15,0	26	10	100
45	Holländische Str. 28	34'646	4	HVS	50	0	-	12,0	12,0	29	43	163
46	Holländische Str. 157	35'000	5	HVS	50	-1	-	13,5	13,5	30	10	137
47	Ihringshäuser Str. 43	23'858	4	HVS	50	-3	-	7,5	7,5	35	40	179
48	Kohlenstr. 40	21'514	4	HVS	50	-3	-	12,0	13,5	20	10	85
49	Konrad-Adenauer-Str. 73	16'300	2	HVS	50	-3	-	8,0	8,0	40	78	160
50	Leipziger Str. 159	20'074	2	HVS	50	0	-	10,5	12,0	26	10	116
51	Mauerstr. 11	850	2	HVS	50	-2,2	-	15,0	18,0	18	10	140
52	Obervöllmarer Str. 4	10'800	2	HVS	50	0	-	9,0	7,5	11	34	159
53	Schönfelder Str. 6	18'900	3	HVS	50	5	-	14,0	15,0	16,5	43	22
54	Schönfelder Str. 50	25'125	2	HVS	50	4	-	14,0	15,0	18	23	176
55	Tischbeinstr. 18	11'400	2	HVS	50	-1	-	10,5	10,5	16	34	103
56	Weserstr. 17	23'430	4	HVS	50	-1	-	13,5	13,5	28	34	31
57	Wilhelmshöher Allee 286	13'000	2	HVS	50	-2	-	13,5	15,0	39	25	94
58	Wolfhager Str. 124	18'000	2	HVS	50	-2	-	10,5	12,0	15	23	114
59	Ysenburgstr. 29	26'400	4	HVS	50	-1	-	15,0	15,0	25	10	135
65	Am Grün 13	6'812	1	HVS	50	1	ja	10,5	11,0	8	21	3
66	B3a St. Jost 24	35'940	6	AB	100	0	-	9,0	9,0	50	55	21
67	Biegenstr. 24	9'536	3	HVS	50	0	-	13,5	13,5	19	13	18
68	Cöber Str. 9	15'374	2	HVS	50	1	-	7,5	6,0	18	37	45
69	Elisabethstr. 13	10'827	2	HVS	50	-1	-	12,0	13,5	14	10	156
70	Schwanallee 53	13'918	2	HVS	50	0	-	9,0	9,0	25	45	153
71	Universitätsstr. 8	16'360	4	HVS	50	1	-	17,0	17,0	20,5	10	77
72	Zwetschenweg 6	4'776	1	HVS	50	2	ja	7,5	7,5	9	10	161
73	Bergstr. 17	17'563	4	HVS	50	6	-	8,0	8,0	23	37	93
74	Braunfelser Str. 4	18'289	2	HVS	50	0	-	7,5	9,0	31	57	92
75	Ernst-Leitz-Str. 36	22'983	3	HVS	50	0	-	18,0	28,5	30	10	78
76	Gloelstr. 15	34'028	6	HVS	50	0	-	17,0	8,5	31	37	163
77	Hauptstr. 4 (Alßlar)	16'481	2	HVS	50	-2	-	9,0	7,5	12	26	172
78	Hermannsteiner Str.	18'944	4	HVS	50	0	-	7,5	7,5	45	60	142
79	Hermannsteiner Str. 35	18'662	2	HVS	50	0	-	10,0	7,5	14	10	134
80	Karl-Kellner-Ring 23	23'566	4	HVS	50	0	-	13,5	12,0	24	10	18
81	Kreisstr. 97	5'766	2	HVS	50	0	-	7,5	7,5	12	47	50
82	Nauborner Str. 38	20'130	2	HVS	50	0	-	9,0	7,5	17	40	148
83	Neustadt 60	13'346	4	HVS	50	0	-	9,0	7,5	21	53	135
84	Philosophenweg 14	7'414	2	HVS	50	4	-	8,0	8,0	35	49	120
85	Sophienstr. 1A	31'678	4	HVS	50	0	ja	21,0	12,0	16	35	156
86	Weingartenstr. 8	6'270	2	HVS	50	0	-	7,5	7,5	10	38	87
87	Wetzlarer Str. 12	9'002	2	HVS	50	2	-	7,5	7,5	18	33	54

DTV in [Kfz/d], Längsneigung in [%], Höhe und Breite in [m], Porosität in [%], Ausrichtung in [°], Verkehrssituationen: Hauptverkehrsstraße (HVS), Autobahn (AB), Städtische Magistrale / Ringstraße (SM). Höhe ist die Gebäudehöhe links und rechts des Straßenabschnitts, Breite der Abstand zwischen den Gebäudefronten, Porosität der Baulückenteil des Straßenabschnitts.

**Tabelle 5-4: Weitere Parameter der 87 Straßenabschnitte. Näheres siehe Text.**

ID	Stadt	Straße	DTV		Silkw		Lkw	Bus	Krad	Spuren		Spurlage (Abstand von Bebauung in Fahrtrichtung links; Breite)						Rezeptoren (Abstand; Höhe)		
			1	2	1	2				1	2	Spur1	Spur2	Spur3	Spur4	Spur5	Spur6	Rez1	Rez2	Rez3
1		Bahnhofstr.	11'100	-	2,9	-	5,0	1,0	1,0	1	1	8,3; 3,5	11,8; 3,5					2; 2	18; 2	
2	Bad	Adolfstr.	11'683	-	2,7	-	5,0	1,0	1,0	1	1	6,3; 3,5	9,8; 3,5					3,5; 2	12,5; 2	
3	Schwal-	Adolfstr.	10'825	-	2,0	-	5,0	1,0	1,0	1	1	3; 3	6; 3					0,8; 2	8,3; 2	
4	bach	Rheinstr./Am Kurpark	25'800	-	1,0	-	5,0	1,0	1,0	1	1	8,5; 3	11,5; 3					6; 2	14; 2	
5		Reitallee/Am Kurpark	10'650	-	1,0	-	5,0	1,0	1,0	1	1	4,5; 3	7,5; 3					2; 2	10; 2	
6	Eschwege	Niederhorner Str.	15'271	-	6,9	-	2,6	0,9	1,6	2	2	6,5; 3	9,5; 3	12,5; 3	15,5; 3			2; 2	20; 2	
7		Frankfurter Str. 16	17'000	-	7,3	-	11,8	0,7	4,0	1	1	9,6; 3,3	12,9; 3,3					3,5; 2	19; 2	
8		Haimbacher Str. 38	11'500	-	3,2	-	8,3	0,8	2,4	1	1	10,6; 3,3	13,9; 3,3					6; 2	18,5; 2	
9		Heinrichstr. 33	6'700	-	0,8	-	4,3	0,0	1,7	2	0	8,5; 3	11,5; 3					4; 2	16; 2	
10		Horaser Weg 40	8'000	-	0,8	-	5,4	2,1	2,2	1	2	14,5; 3	17,5; 3	20,5; 3				10; 2	22,5; 2	
11		Königstr. 52	4'000	-	0,5	-	8,1	4,4	3,1	1	1	6,5; 3	9,5; 3					2; 2	14; 2	
12		Kohlhäuser Str. 121	5'100	-	2,5	-	5,9	2,5	2,7	1	1	4,1; 3,3	7,4; 3,3					1,5; 2	10; 2	
13	Fulda	Kreuzbergstr. 27	7'500	-	4,4	-	7,5	0,8	2,7	1	1	16; 3	19; 3					13,5; 2	21,5; 2	
14		Künzler Str. 93	12'400	-	6,1	-	5,8	1,4	4,9	1	2	10; 3	13; 3	16; 3				7,5; 2	18,5; 2	
15		Leipziger Str. 94	16'800	-	4,8	-	7,5	0,7	7,5	2	2	5,5; 3	8,5; 3	11,5; 3	14,5; 3			1; 2	19; 2	
16		Niesiger Str. 23	10'400	-	5,8	-	7,0	0,9	1,9	1	1	9,1; 3,3	12,4; 3,3					6,5; 2	17; 2	
17		Petersberger Str. 24-26	24'100	-	2,1	-	3,2	0,2	6,6	3	2	3; 3	6; 3	12; 3	15; 3			0,8; 2	17,5; 2	18; 2
18		Zieherer Weg 43	8'800	-	2,3	-	9,2	0,0	2,7	1	1	6,1; 3,3	9,4; 3,3					3,5; 2	14; 2	
19		Bahnhofstr. 53	6'300	-	0,6	-	2,7	0,9	1,0	1	1	4; 3	7; 3					1,5; 2	9,5; 2	
20		Bismarckstr. 22	9'700	-	0,3	-	1,8	3,2	1,0	1	1	7,6; 3,3	10,9; 3,3					5; 2	13,5; 2	
21		Bleichstr. 9	8'800	-	0,4	-	1,3	0,0	1,0	1	1	4,5; 3	7,5; 3					2; 2	10; 2	
22		Frankfurter Str. 11	11'800	-	0,6	-	2,7	6,4	1,0	2	1	7,5; 3	10,5; 3	13,5; 3				0,8; 2	19,8; 2	
23		Frankfurter Str. 72	12'600	-	0,3	-	2,6	1,8	1,0	1	2	7; 3	10; 3	13; 3				1; 2	19; 2	
24		Frankfurter Str. 215	12'400	-	0,4	-	2,8	1,3	1,0	1	1	7; 3	10; 3					2,5; 2	14,5; 2	
25		Gießener Str. 128	8'700	-	1,1	-	4,5	1,9	1,0	1	1	6,5; 3	9,5; 3	12; 3	15; 3			2; 2	14; 2	
26		Grünberger Str. 10	23'700	-	0,5	-	1,5	1,8	1,0	3	2	6; 3	9; 3					1,5; 2	22,5; 2	
27		Kroftdorfer Str. 18	13'400	-	1,9	-	1,8	1,0	1,0	1	1	5; 3	8; 3					2,5; 2	10,5; 2	
28	Gießen	Ludwigstr. 42	11'700	-	0,1	-	1,0	0,4	1,0	1	1	6; 3	9; 3					1,5; 2	13,5; 2	
29		Marburger Str. 36	27'800	-	0,4	-	2,7	1,2	1,0	2	2	9,5; 3	12,5; 3	15,5; 3				3,5; 2	24,5; 2	
30		Neustadt 23	10'100	-	5,0	-	0,0	6,0	1,0	1	1	3,5; 3	6,5; 3					9; 2	20,5; 2	
31		Nordanlage 15	28'100	-	1,2	-	3,4	0,4	1,0	2	3	6; 3	9; 3	12; 3	15; 3			1; 2	9; 2	
32		Robert-Sommer-Str. 32	7'700	-	0,4	-	2,9	1,6	1,0	1	1	11,5; 3	14,5; 3					3,5; 2	20,5; 2	
33		Rodheimer Str. 36	20'600	-	1,1	-	3,5	3,0	1,0	1	3	6,5; 3	9,5; 3	12,5; 3				9; 2	19; 2	
34		Schiffenberger Weg 35	17'800	-	0,3	-	1,8	1,5	1,0	1	1	11; 3	14; 3					2; 2	18; 2	
35		Schulstr./Neuen Bäume 6	7'300	-	1,0	-	3,0	8,4	1,0	1	1	7; 3	10; 3					5; 2	20; 2	
36		Sudetenlandstr. 13	7'300	-	0,4	-	2,1	0,4	1,0	1	1	17; 3	20; 3					2,5; 2	12,5; 2	
37		Südanlage 30	21'500	-	1,0	-	3,0	3,2	1,0	3	2	4,5; 3	7,5; 3	10,5; 3	15; 3			1,1; 2	26; 2	
38		Westanlage 28	26'900	-	1,5	-	3,6	0,8	1,0	2	2	4,5; 3	7,5; 3	13,5; 3	16,5; 3			2; 2	22,5; 2	1; 2
39		Wetzlarer Str. 57	7'800	-	0,3	-	2,5	0,0	1,0	1	1	4,5; 3	7,5; 3					2; 2	19; 2	
60		Diezer Str. 49-51	12'031	12'321	4,4	4,1	5,0	1,0	1,0	1	1	3,5; 3	6,5; 3					7; 2	20,5; 2	
61		Frankfurter Str. 52	14'911	14'829	4,0	5,0	5,0	1,0	1,0	2	2	6; 3	9; 3	12; 3	15; 3			1; 2	16; 2	0,5; 2
62	Limburg	Schiede 28-30	17'512	17'364	5,0	5,0	5,0	0,3	1,0	3	2	11,5; 3	14,5; 3					4,5; 2	21,5; 2	22,5; 2
63		Schiede 37-41	21'305	18'773	7,0	8,0	5,0	0,7	1,0	2	2	6,5; 3	9,5; 3	12,5; 3	15,5; 3			4; 2	25; 2	20; 2
64		Stephanshügel	4'357	5'020	7,0	9,0	5,0	1,0	1,0	1	1	11; 3	14; 3					1; 2	9; 2	

1, 2 Richtungsstrennung, sofern Daten vorhanden; DTV in [Kfz/dj]; Kfz-Arten in [%]; Abstände, Höhen und Breiten in [m]; Abstände gemessen von der Bebauung in Fahrtrichtung links

Fortsetzung auf nächster Seite

ID	Stadt	Straße	DTV		Sikw		Lkw	Bus	Krad	Spuren		Spurlage (Abstand von Bebauung in Fahrtrichtung links; Breite)						Rezeptoren (Abstand; Höhe)		
			1	2	1	2				1	2	1	2	Spur1	Spur2	Spur3	Spur4	Spur5	Spur6	Rez1
40		Brüderstr. 5	43630	-	3,9	-	5,0	1,0	1,0	2	4	6,5;3	9,5;3	12,5;3	15,5;3	18,5;3	21,5;3	4;2	24;2	
41		Fünfensterstr. 14	19600	-	1,8	-	5,0	1,2	1,8	2	4	4;3	7;3	21;3	24;3			1,5;2	26,5;2	
42		Frankfurter Str. 102	34812	-	2,9	-	5,0	1,0	1,0	2	2	8;3	11;3	20;3	23;3			5,5;2	25,5;2	26;2
43		Frankfurter Str. 247	15700	-	5,0	-	5,0	1,0	1,0	1	1	7,5;4,5	16,5;4,5					2,3;2	21,8;2	
44		Friedrich-Ebert-Str. 32	16200	-	0,5	-	5,0	1,0	1,0	1	1	8;4	18;4					3;2	23;2	
45		Holländische Str. 28	34646	-	5,9	-	5,0	0,3	2,0	2	2	7;3	10;3	19;3	22;3			2,5;2	26,5;2	
46		Holländische Str. 157	35000	-	5,9	-	5,0	1,0	1,0	2	3	6;3	9;3	18;3	21;3			1,5;2	28,5;2	
47		Ihringshäuser Str. 43	23858	-	4,1	-	5,0	1,0	1,0	2	2	10,5;3	13,5;3	22,5;3	25,5;3	24;3		6;2	30;2	
48		Kohlenstr. 40	21514	-	2,4	-	5,0	0,9	1,8	2	2	4,5;3	7,5;3	10,5;3	13,5;3			2;2	18;2	
49	Kassel	Konrad-Adenauer-Str. 73	16300	-	4,4	-	5,0	1,0	1,0	1	1	18,5;3	21,5;3					12;2	28;2	
50		Leipziger Str. 159	20074	-	4,9	-	5,0	1,0	1,0	1	1	9;3	17,5;3					4,5;2	22;2	
51		Mauerstr. 11	850	-	5,0	-	5,0	87,0	1,0	1	1	8,5;3	11,5;3					6;2	14;2	
52		Obervöllmarer Str. 4	10800	-	4,2	-	5,0	1,0	1,3	1	1	4;3	7;3					1,5;2	9,5;2	
53		Schönfelder Str. 6	18900	-	1,0	-	4,0	1,0	1,0	1	2	5,8;3,5	9,3;3,5	12,8;3,5				1;2	15,5;2	
54		Schönfelder Str. 50	25125	-	5,4	-	5,0	1,0	1,0	1	1	7,5;3	10,5;3					5;2	15;2	
55		Tischbeinstr. 18	11400	-	3,0	-	7,0	1,0	1,0	1	1	6,5;3	9,5;3	18,5;3	21,5;3			2;2	14;2	
56		Weserstr. 17	23430	-	3,4	-	5,0	0,2	2,5	2	2	6,5;3	9,5;3					2;2	26;2	
57		Wilhelmshöher Allee 286	13000	-	2,0	-	5,0	1,0	1,0	1	1	15;3	24;3					10,5;2	28,5;2	
58		Wolfhager Str. 124	18000	-	5,0	-	5,0	1,0	1,0	1	1	6,5;3	9,5;3					2;2	12;2	
59		Ysenburgstr. 29	26400	-	3,0	-	5,0	1,0	1,0	2	2	5,8;3,5	9,3;3,5	12,8;3,5	16,3;3,5			3;2	22;2	
65		Am Grün 13	6812	-	1,0	-	1,7	1,0	5,6	1	0	4;3						1,5;2	6,5;2	
66		B3a St. Jost 24	35940	-	9,5	-	5,6	1,0	0,8	3	3	17,5;3	20,5;3	23,5;3	30,5;3	33,5;3	36,5;3	15;2	39;2	
67		Biegenstr. 24	9536	-	4,8	-	4,1	1,0	3,4	1	2	6,5;3	9,5;3	12,5;3				2;2	17;2	
68	Marburg	Cöber Str. 9	15374	-	1,6	-	2,4	1,0	0,5	1	1	5,5;3	8,5;3					3;2	11;2	
69		Eilsabethstr. 13	10827	-	10,0	-	9,2	1,0	0,4	1	1	5,5;3	8,5;3					1;2	13;2	
70		Schwanallee 53	13918	-	4,7	-	10,0	1,0	0,4	1	1	11;3	14;3					6,5;2	18,5;2	
71		Universitätsstr. 8	16360	-	2,9	-	3,8	2,9	0,4	2	2	6;3	9;3	12;3	15;3			1,5;2	17,5;2	17;2
72		Zwetschenweg 6	4776	-	3,3	-	3,6	1,0	0,0	1	0	4,5;3						0,5;2	7;2	
73		Bergstr. 17	7728	9835	0,3	0,7	1,2	1,3	0,7	2	2	7;3	10;3	13;3	16;3			4,5;2	18,5;2	
74		Braunfelser Str. 4	7316	10973	1,5	1,4	2,9	0,6	2,0	1	1	13,5;3	16,5;3					9;2	21;2	
75		Ernst-Leitz-Str. 36	11284	11699	1,3	1,7	2,7	0,9	2,5	1	2	20,5;3	23,5;3	26,5;3				16;2	29;2	
76		Gloelstr. 15	17831	16197	1,9	1,3	2,2	2,0	1,5	4	2	8;3	11;3	14;3	17;3	20;3	23;3	5,5;2	25,5;2	
77		Hauptstr. 4 (Aßlar)	7375	9106	3,1	2,4	2,8	1,0	1,6	1	1	4,5;3	7,5;3	22,5;3	25,5;3			2;2	10;2	
78		Hermannsteiner Str.	9560	9384	3,2	2,4	2,5	0,9	2,7	2	2	13,5;3	16,5;3					11;2	28;2	
79		Hermannsteiner Str. 35	9400	9262	3,0	2,2	2,5	0,9	2,7	1	1	4,5;3	7,5;3					2;2	10;2	
80	Wetzlar	Karl-Kellner-Ring 23	13155	10411	1,6	1,5	2,5	1,7	2,2	2	2	7,5;3	10,5;3	13,5;3	16,5;3			3;2	19;2	
81		Kreisstr. 97	3138	2628	1,5	2,0	3,3	1,0	1,3	1	1	4,5;3	7,5;3					2,2	10;2	
82		Nauborn Str. 38	9172	10958	1,1	0,8	1,4	1,2	1,7	1	1	7;3	10;3					4,5;2	12,5;2	
83		Neustadt 60	6774	6572	1,1	1,2	2,2	0,3	2,1	2	2	6;3	9;3	12;3	15;3			3,5;2	17,5;2	
84		Philosophenweg 14	3630	3784	0,5	0,5	1,3	0,1	0,8	1	1	19,8;3,5	23,3;3,5					17;2	26;2	
85		Sophienstr. 1A	15839	15839	1,7	-	2,5	0,7	1,9	4	0	3,5;3	6,5;3	9,5;3				1;2	9;2	
86		Weingartenstr. 8	2872	3398	2,9	3,1	1,6	1,1	2,3	1	1	3,5;3	6,5;3					1;2	9;2	
87		Wetzlarer Str. 12	4572	4430	1,1	0,6	1,7	1,1	1,4	1	1	7,5;3	10,5;3					5;2	13;2	

1, 2 Richtungstrennung, sofern Daten vorhanden; DTV in [Kfz/d], Kfz-Arten in [%], Abstände, Höhen und Breiten in [m], Abstände gemessen von der Bebauung in Fahrtrichtung links



## 6 Ergebnisse Vorbelastung

Nach der in Abschnitt 5.1 beschriebenen Vorgehensweise wurden mit dem RCG-Modell Berechnungen der Vorbelastung (Ergebnisse der Nest 3-Berechnungen) für den Basisfall, die Szenarien ohne Emissionen der Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung und Kfz-Verkehr und die verschiedenen Einzelszenarien durchgeführt.

RCG berechnet Konzentrationen auf einem regelmäßigen Gitter in einem geographischen Koordinatensystem und liefert je einen Wert pro Gitterzelle pro Zeitschritt bzw. als Jahresmittelwert. Zur flächenhaften Darstellung dieser Daten im in Hessen üblichen Gauß-Krüger-3-Streifen wurden die RCG-Gitterzellen zunächst in das Gauß-Krüger-3-Koordinatensystem projiziert und die Ergebnisse in diesem Gitter dargestellt. Dies führt dazu, dass die Kanten der Gitterzellen nicht parallel zur kartesischen West-Ost- bzw. Nord-Süd-Richtung verlaufen.

In den folgenden Abschnitten ist die räumliche Verteilung der berechneten Jahresmittelwerte im Nest 3 für alle betrachteten Untersuchungsgebiete bzw. Gemeinden kartographisch dargestellt, gruppiert nach den vier Untersuchungsbereichen

- „Nord“ mit den Untersuchungsgebieten Korbach/Frankenberg, Kassel und Eschwege,
- „West“ mit den Untersuchungsgebieten Limburg/Weilburg, Wetzlar/Gießen und Marburg,
- „Ost“ mit den Untersuchungsgebieten Schwalmstadt/Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda und Schlüchtern sowie
- „Süd“ mit den Untersuchungsgebieten Bad Schwalbach und Rüdeshcim.

Die kartographischen Darstellungen sind dabei so aufgebaut, dass der jeweils vorkommende Wertebereich gleichmäßig in neun Klassen aufgeteilt ist. Da dies nicht immer möglich ist, können die oberen und unteren Randklassen von der gleichmäßigen Schrittweite abweichen und größere oder kleinere Spannbreiten umfassen. Thematisch gleiche Darstellungen, wie z. B. die NO<sub>2</sub>-Vorbelastung, werden dabei für alle Teilgebiete in der jeweils gleichen Klassifizierung dargestellt, um eine direkte Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

In manchen Modellgebieten gibt es vereinzelt lokal Werte, die deutlich über den Maxima der anderen Modellgebiete liegen. Um die gleichmäßige Klassifikation aufgrund dieser hohen Werte im unteren Bereich nicht zu grob werden zu lassen, wurden daher in solchen Fällen die Legenden so aufgebaut, dass der gleichmäßig unterteilte Bereich mit neun Klassen den Wertebereich der meisten Modellgebiete umfasst und die Legenden jeweils um drei weitere, in dunklen Brauntönen dargestellte, Klassen am oberen Ende der Skala ergänzt. Diese drei zusätzlichen Klassen sind nicht mehr in der gleichmäßigen Schrittweite angelegt, sondern orientieren sich an den tatsächlich vorkommenden hohen Einzelwerten. Solche Legenden wurden für den beispielsweise für die NO<sub>2</sub>-Vorbelastungskarten in Kassel, Bad Hersfeld, Limburg/Weilburg und Rüdeshcim angewendet. Weitere Ausnahmen in der Kartendarstellung finden sich für die zusätzlichen Szenariorechnungen in Kassel und Wetzlar, wo die Veränderungen teilweise so geringe Wertebereiche aufweisen, dass eine Darstellung in neun Legendenklassen nicht sinnvoll möglich ist.

Für den Basisfall 2008 wurden die Modelldaten in Abschnitt 6.2 den Messwerten der HLUG-Luftmessstationen im Untersuchungsgebiet, die nicht als verkehrsbezogen klassifiziert sind, gegenübergestellt.

## 6.1 Basisfall 2008

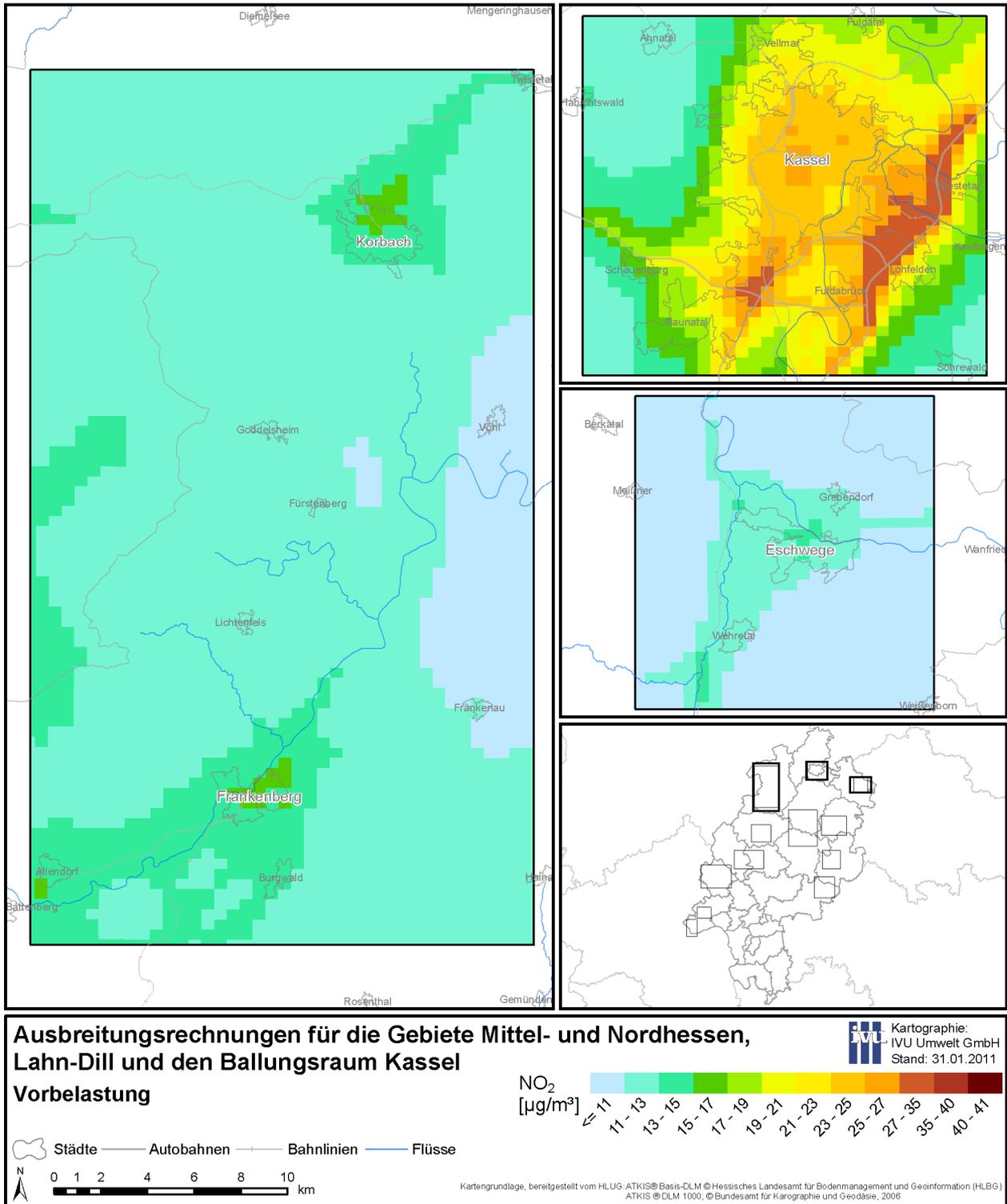
In Tabelle 6-1 sind die für jedes Modellgebiet berechneten maximalen NO<sub>2</sub>- und PM10-Vorbelastungswerte zusammengefasst. Die räumliche Verteilung der berechneten Jahresmittelwerte ist in Abbildung 6-1 bis Abbildung 6-4 für NO<sub>2</sub> und in Abbildung 6-5 bis Abbildung 6-8 für PM10 kartographisch dargestellt. Die Tabelle 6-1 aufgeführten Werte beziehen sich dabei auf die innerhalb Hessens liegenden Bereiche der jeweiligen Untersuchungsgebiete. Die kartographischen Darstellungen zeigen die gesamten Untersuchungsgebiete, die teilweise auch Bereiche außerhalb Hessens beinhalten.

**Tabelle 6-1: Maximale Vorbelastungskonzentrationen 2008 in den Untersuchungsgebieten**

Teil- gebiet	Untersuchungs- gebiet	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]
Nord	Eschwege	14	13
	Kassel	34	16
	Korbach/Frankenberg	16	13
West	Limburg/Weilburg	41	27
	Marburg	20	15
	Wetzlar/Gießen	27	37
Ost	Bad Hersfeld	33	14
	Fulda	22	14
	Schlüchtern	19	15
	Schwalmstadt/Alsfeld	23	13
Süd	Bad Schwalbach	14	12
	Rüdesheim	22	15

Die in den einzelnen Untersuchungsgebieten berechneten maximalen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte umfassen eine Spanne von 14 bis 41 µg/m<sup>3</sup>. Werte über 30 µg/m<sup>3</sup> werden innerhalb Hessens im Einflussbereich stark befahrener Straßen in den Gemeinden Kassel (Abbildung 6-1), Limburg (Abbildung 6-2) und Bad Hersfeld (Abbildung 6-3) berechnet. Zusätzlich werden Werte von 20 µg/m<sup>3</sup> und mehr innerhalb Hessens in Marburg, Wetzlar/Gießen (Abbildung 6-2), Alsfeld, Fulda (Abbildung 6-3) und Rüdesheim (Abbildung 6-4) erreicht. Dabei ist zu beachten, dass die Bezeichnung „Vorbelastung“ in diesen Bereichen irreführend ist, da es sich dort um durch lokale Emittenten beeinflusste Gesamtbelastungen in den Gitterzellen des RCG-Modells handelt.

Die mit Abstand höchsten PM10-Jahresmittelwerte von 37 µg/m<sup>3</sup> werden in Wetzlar berechnet (Abbildung 6-6). Ursache der hohen Konzentrationen sind die bodennahen oder in geringer Höhe emittierenden PM10-Quellen der Buderus-Werke. Abgesehen von dieser lokal hohen PM10-Belastung bewegen sich die berechneten maximalen PM10-Jahresmittelwerte im Bereich von 12 µg/m<sup>3</sup> in Bad Schwalbach (Abbildung 6-8) bis 27 µg/m<sup>3</sup> in Limburg (Abbildung 6-6). Wie in Wetzlar ist auch hier das hohe lokale PM10-Maximum auf bodennahe industrielle Emissionen zurückzuführen.



**Abbildung 6-1: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**

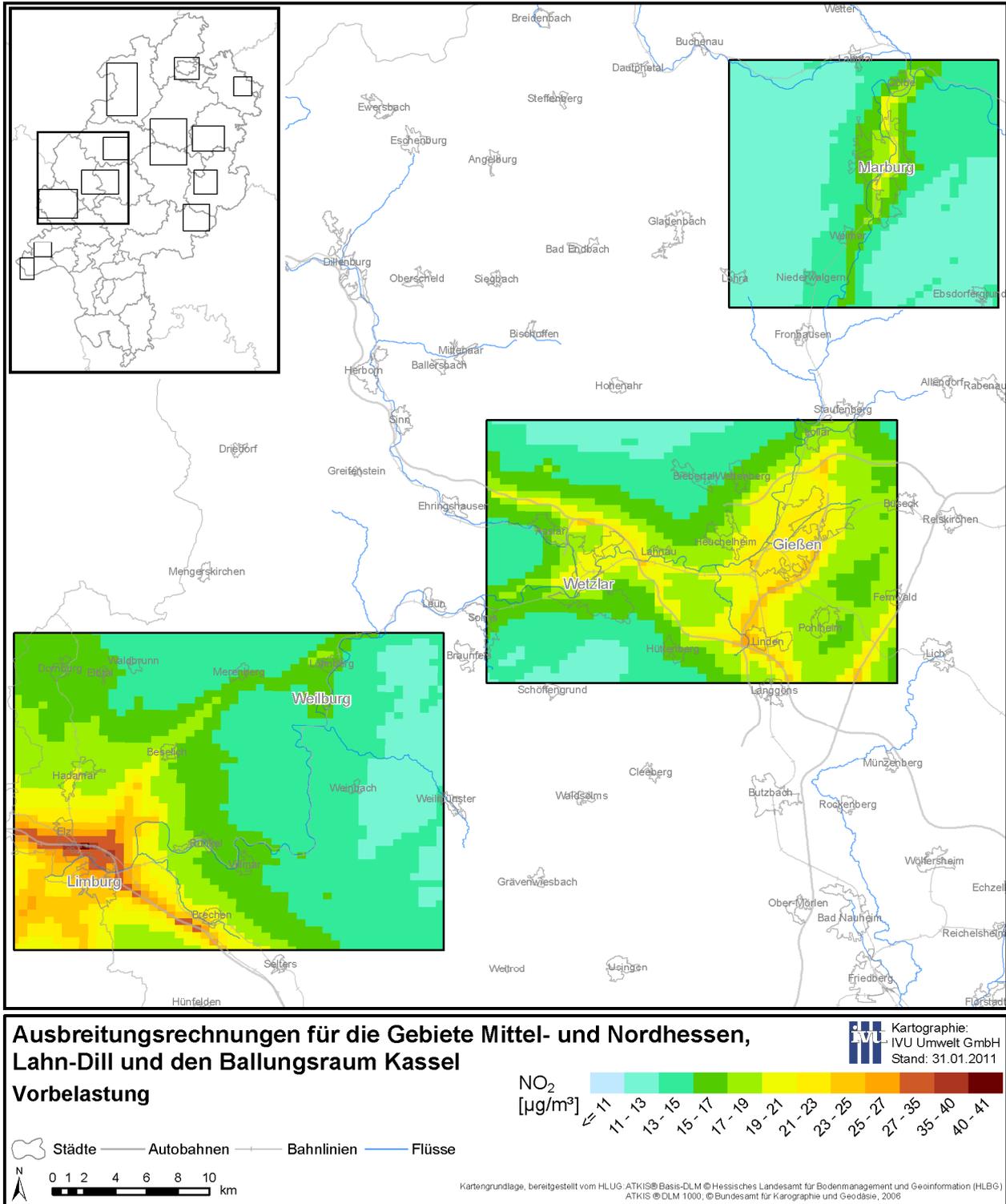
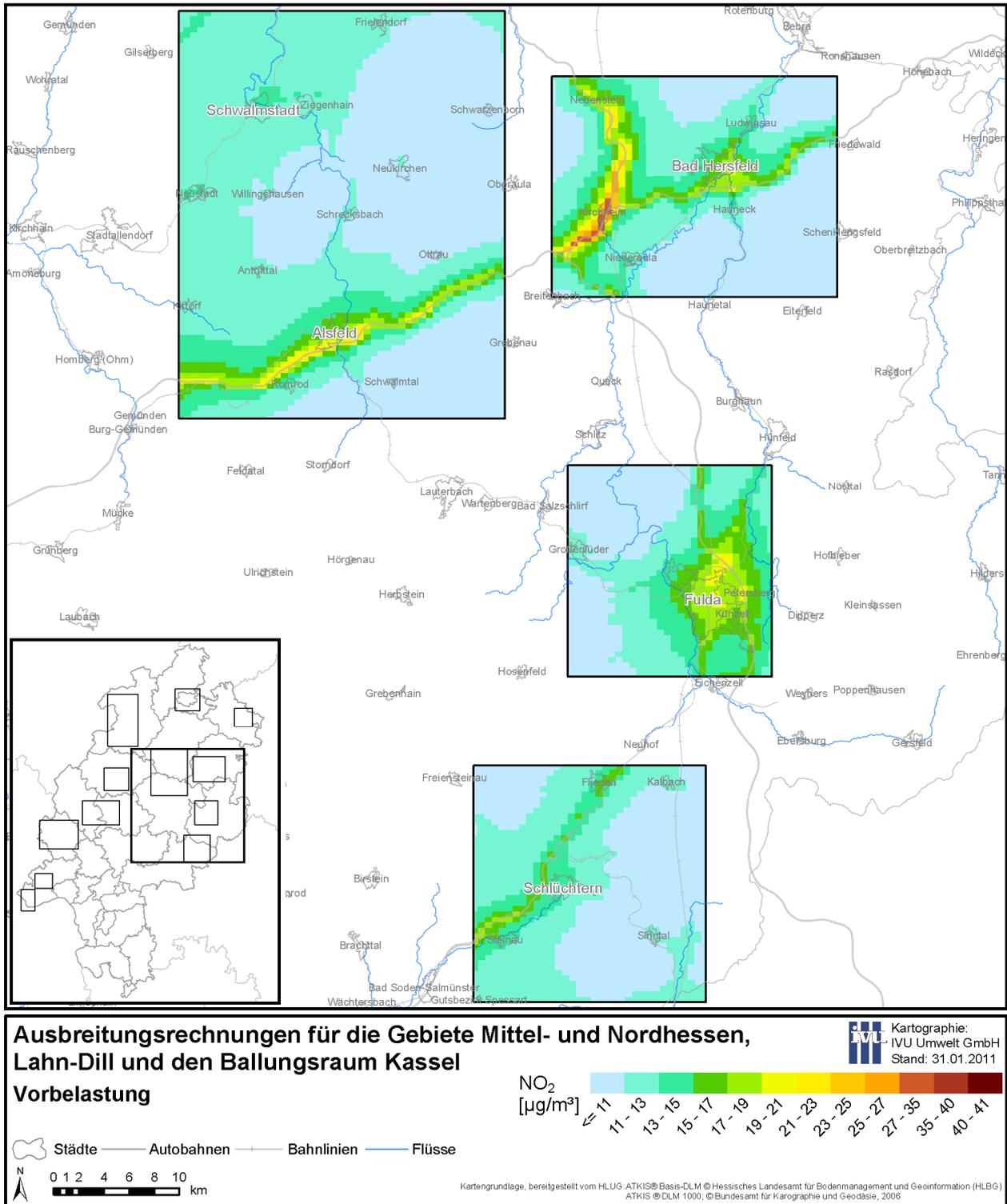
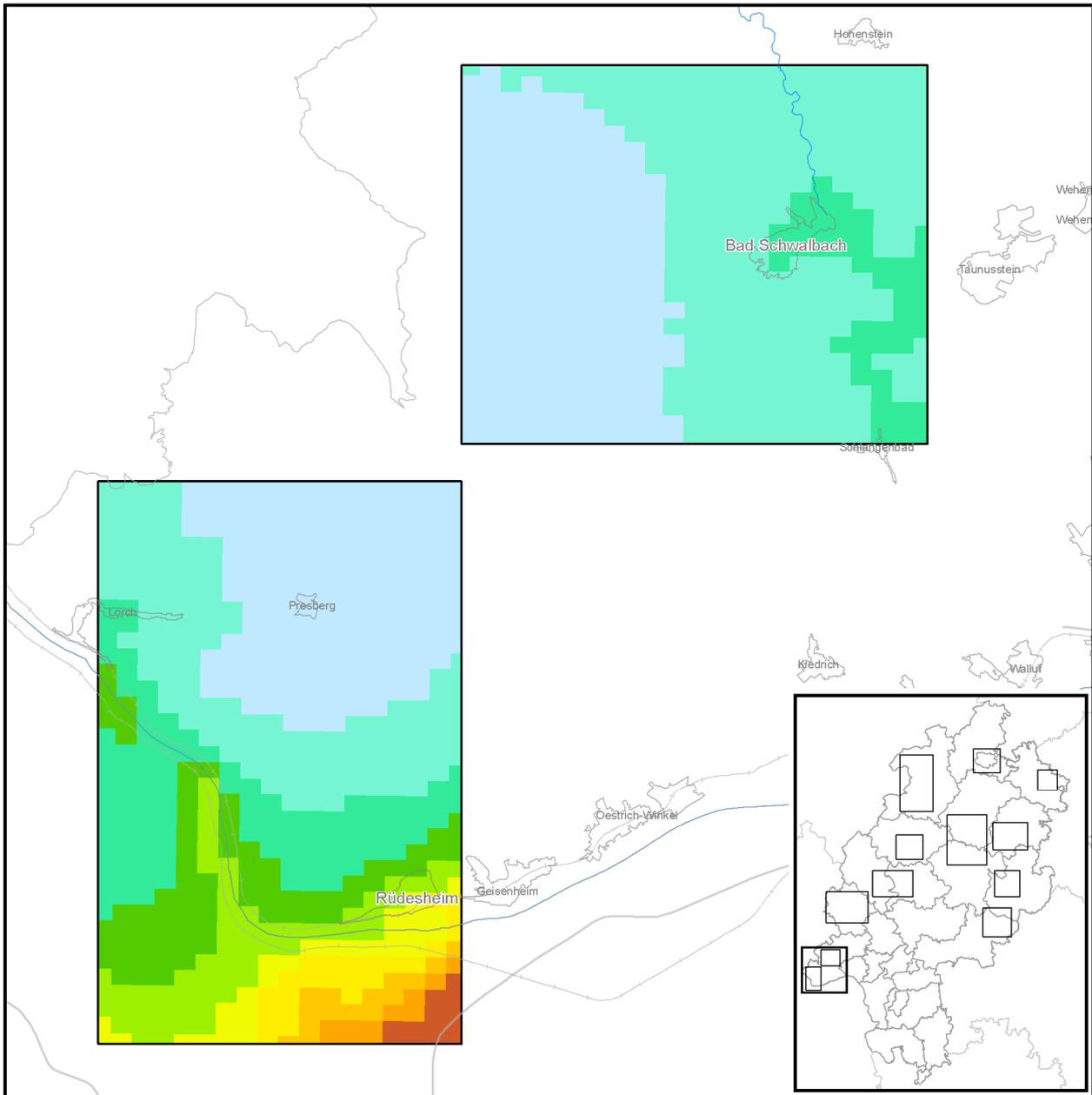


Abbildung 6-2: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar



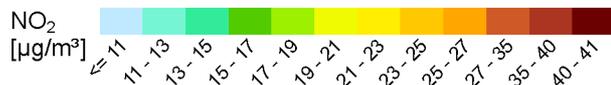
**Abbildung 6-3: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Vorbelastung**

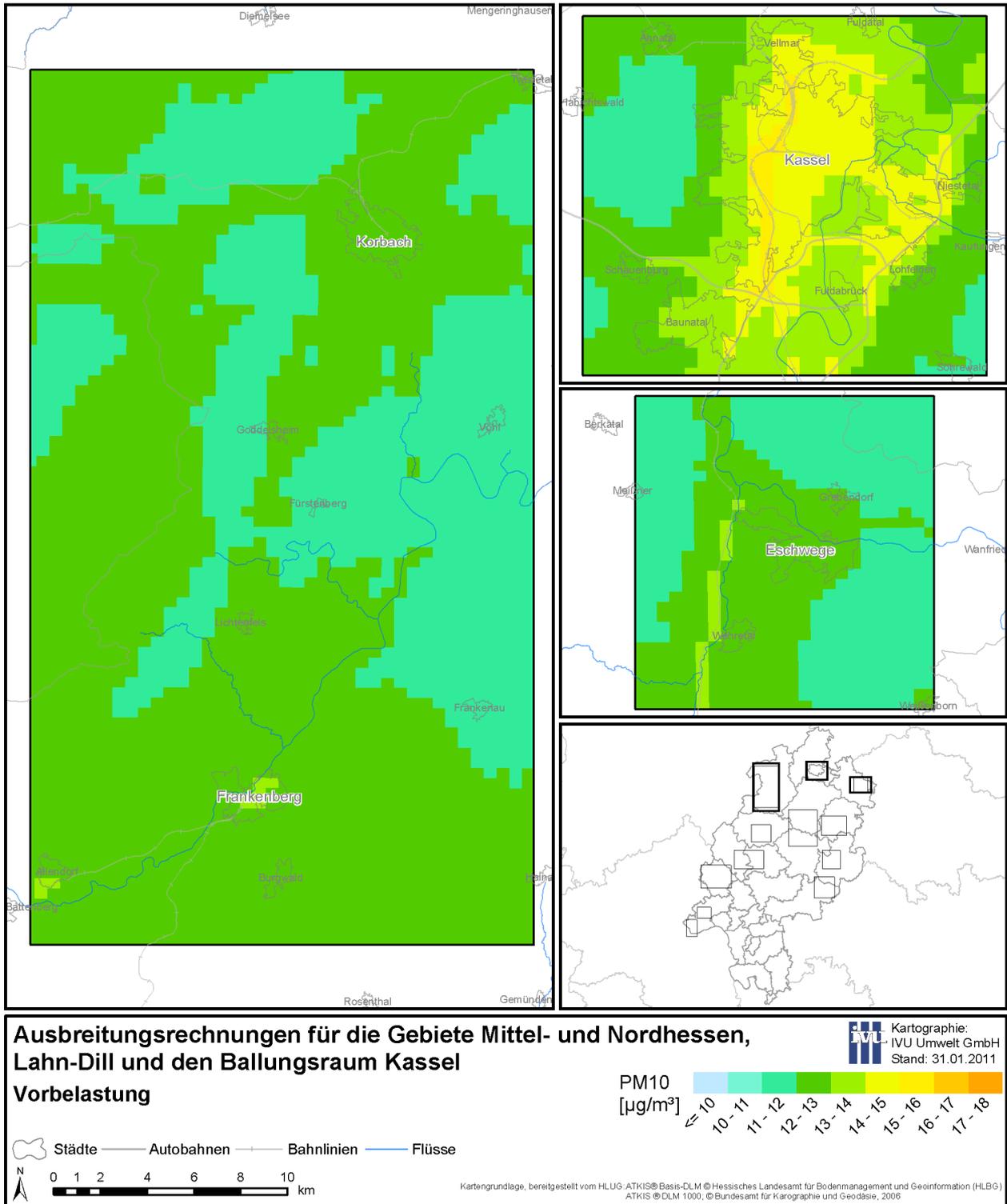


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse

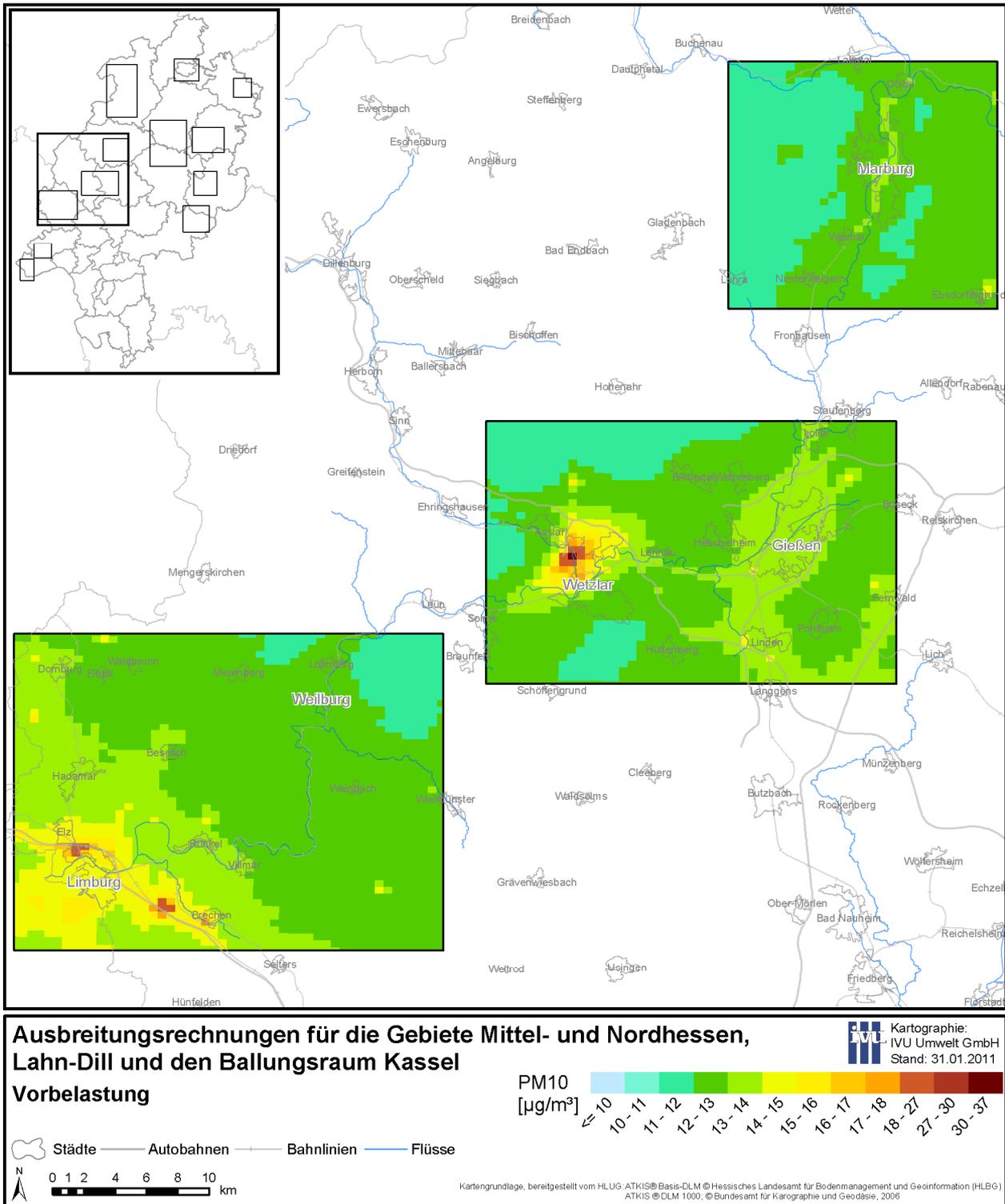


Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

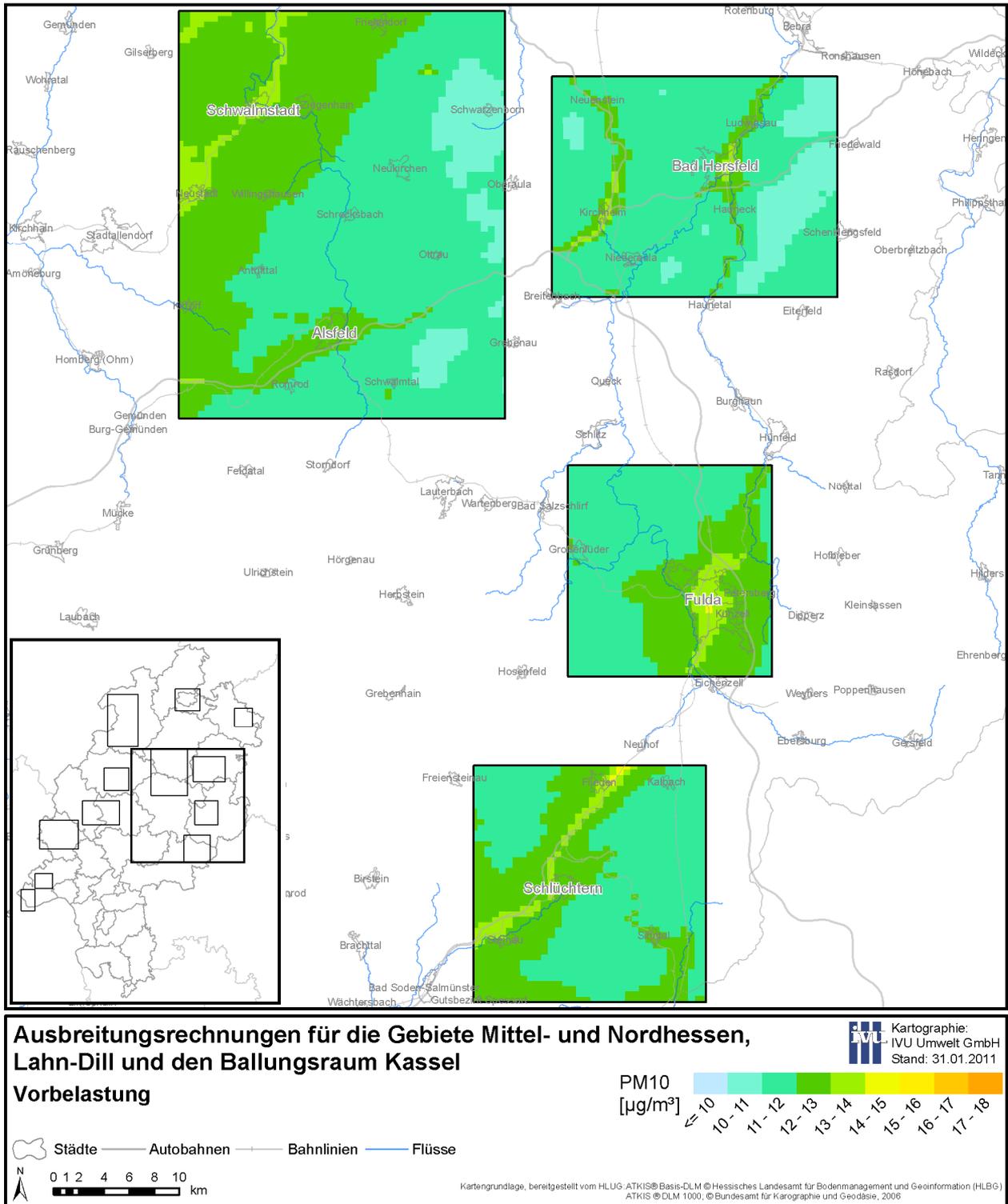
**Abbildung 6-4: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshcim**



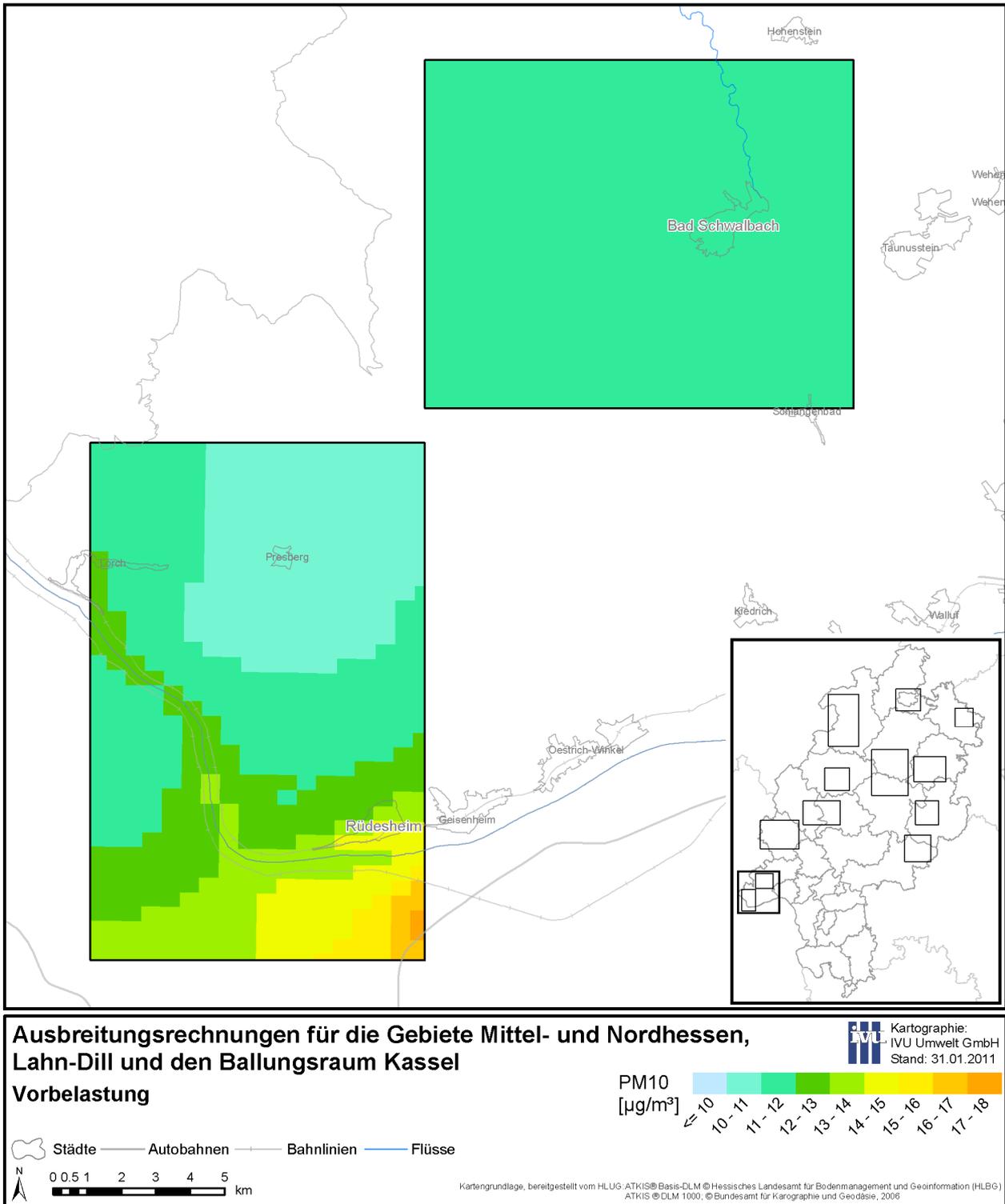
**Abbildung 6-5: PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



**Abbildung 6-6: PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



**Abbildung 6-7: PM10-Vorbelastung in Aisfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



**Abbildung 6-8: PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshcim**

## 6.2 Vergleich mit Messwerten

Zum Vergleich der RCG-Berechnungen mit Messungen wurden alle verfügbaren Stationen herangezogen, die sich innerhalb der vier Teilgebiete des Nests 2 befinden. Die Messungen dieser Stationen wurden mit den RCG-Ergebnissen aus den Nestern 3 verglichen, sofern die Stationen in einem dieser Modellgebiete liegen. Für alle Stationen außerhalb der Nester 3 wurden die RCG-Ergebnisse für die Nester 2 benutzt. Tabelle 6-2 zeigt den numerischen und Abbildung 6-9 den graphischen Vergleich zwischen den Berechnungen und den Messungen. Die Messstationen sind unterteilt in ländliche Stationen, städtische Stationen und städtische verkehrsnahen Stationen. Stark unterschätzt werden sowohl für NO<sub>2</sub> als auch für PM<sub>10</sub> alle Messungen der verkehrsnahen Stationen, da die Modellrechnung mit einer Auflösung von circa 500 m die Messungen solcher Stationen erwartungsgemäß nicht reproduzieren kann. Die beobachteten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte an den ländlichen und städtischen Stationen werden dagegen von der Modellrechnung gut reproduziert mit einer mittleren Unterschätzung von circa 8 %. Das Datenqualitätsziel für Modellierungen der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von nicht mehr als 30 % Abweichung (EU, 2008) wird damit an den ländlichen und städtischen Stationen mit Ausnahme von Fulda<sup>1</sup> erreicht. Die Unterschätzung der beobachteten PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte ist insbesondere an den städtischen Stationen deutlicher als bei NO<sub>2</sub>. Im Mittel werden die Beobachtungen der ländlichen und städtischen Stationen um circa 15 % unterschätzt. Das Datenqualitätsziel für Modellierungen der PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte von nicht mehr als 50 % Abweichung (EU, 2008) wird damit auch erreicht.

Prinzipiell entspricht eine Unterschätzung der städtischen Stationen bei einer Maschenweite von 1000 bis 500 m den Erwartungen, da in dieser Auflösung lokale Gegebenheiten im direkten Umfeld der Messstationen nicht detailliert genug abgebildet werden können.

Die höhere systematische Unterschätzung bei PM<sub>10</sub> ist ein übliches Phänomen bei der Modellierung der PM<sub>10</sub>-Vorbelastung. Ein wesentlicher Grund liegt darin, dass nicht alle PM<sub>10</sub>-Quellen mit ihren Emissionen bekannt sind, und auch die Qualität der verfügbaren anthropogenen Partikel-Emissionsdaten geringer ist als diejenige der klassischen Schadstoffe wie z. B. NO<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub>. Partikelemissionen aus landwirtschaftlichen Aktivitäten, windbedingte Staubaufwirbelung von naturbelassenen Böden oder in Stadtgebieten (z. B. aus Baustellentätigkeit oder Wiederaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr) sowie biogene Aerosole sind unvollständig oder gar nicht erfasst, da diese Emissionen zum Teil stark von den meteorologischen Bedingungen und der Beschaffenheit des Untergrundes abhängen. Auch die gasförmigen Primäremissionen, die zu den organischen und anorganischen Sekundäraerosolen führen, stehen nur zum Teil zur Verfügung (z. B. biogen emittierte Isoprene und Terpene, aber auch anthropogen verursachte NH<sub>3</sub>-Emissionen).

Die Ergebnisse mehrerer internationaler Modellvergleiche zeigen, dass diese Unsicherheiten in den meisten Modellrechnungen mit chemischen Transportmodellen zu einer mittleren Unterschätzung der beobachteten PM<sub>10</sub>-Masse führen (STERN ET AL., 2008; SARTELET ET AL., 2007; VAUTARD ET AL., 2007; WHYATT ET AL., 2007). Das allgemeine PM<sub>10</sub>-Konzentrationsniveau wird von den Modellen in den meisten Fällen auch repro-

---

<sup>1</sup> Laut HLUg-Stationsbeschreibung liegt diese Station nahe an großen und breiten Straßen mit hoher Verkehrsdichte (<http://www.hlug.de/?id=7122&view=info&detail=beschreibung&station=1204>) und stellt damit eine lokale Situation dar, die sich mit einem Gittermodell bei etwa 500 m Kantenlänge nicht detailliert abbilden lässt.

duziert, die an einzelnen Tagen auftretenden hohen Spitzenwerte werden aber nicht erreicht. Die Nicht-Erfassung der beobachteten Spitzenwerte ist ein generelles Problem der Modellrechnung, das dann auch zu der oben bereits diskutierten Unterschätzung der Jahresmittelwerte führt. Die Auswertung des Tagesgrenzwertkriteriums wird deshalb nicht auf der Basis der modellierten Zeitreihe, sondern mit Hilfe eines statistischen Ansatzes aus den PM10-Jahresmittelwerten abgeleitet (siehe Abschnitt 5.2.3).

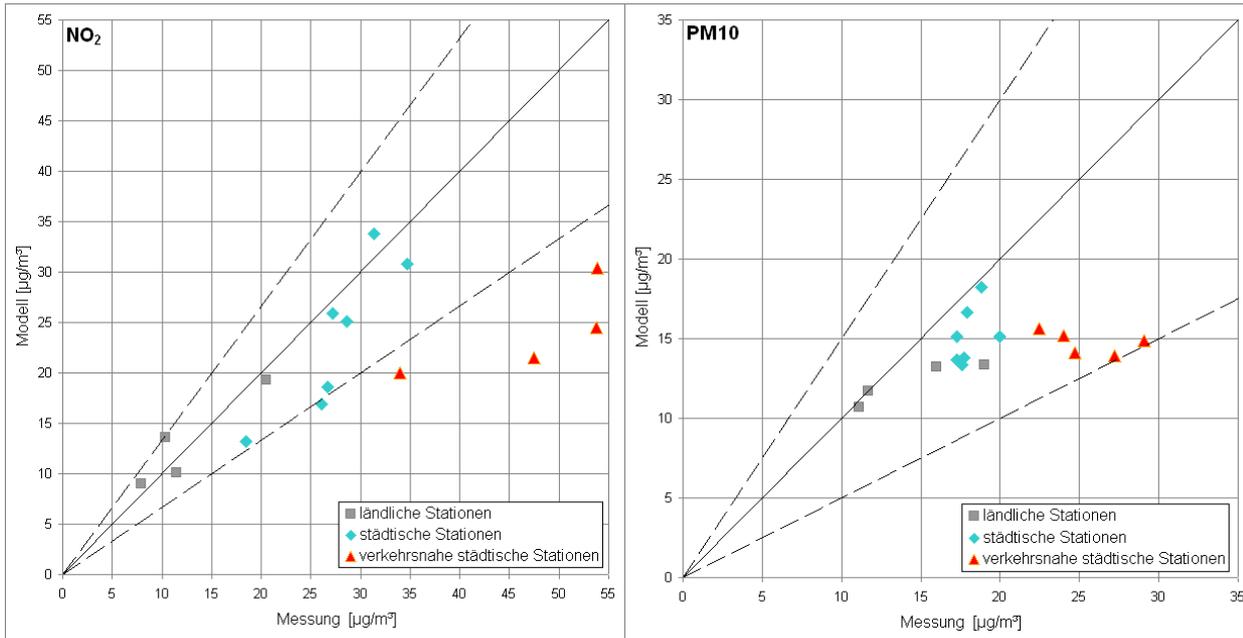
Um die systematische Unterschätzung der PM10-Vorbelastung, die in Tabelle 6-2 und Abbildung 6-9 deutlich wird, in erster Näherung zu korrigieren, wurden bei der nachfolgenden Bildung der Gesamtbelastung (s. Abschnitt 6.3.6) die mit RCG berechneten PM10-Vorbelastungskonzentrationen pauschal um 19 %<sup>2</sup> erhöht. In der Ursachenanalyse wird diese Erhöhung als „unbekannter“ Anteil klassifiziert.

---

<sup>2</sup> Die o. g. Unterschätzung der Messwerte um 15 % entspricht bezogen auf die Modellwerte 19 % zu niedrigeren Werten.

**Tabelle 6-2: Gemessene und modellierte NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte 2008 in den vier Teilgebieten des Nest 2. Die Stationen sind jeweils aufsteigend nach der Höhe der Beobachtung sortiert.**

Station	Stationstyp	Messung [µg/m <sup>3</sup> ]	Modell [µg/m <sup>3</sup> ]	Abwei- chung [%]
<b>NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte</b>				
HE024 Witzenhausen/Wald	ländlich	7.9	9.0	13.9
HE046 Bad Arolsen	ländlich	10.4	13.5	29.8
HE023 Grebenau	ländlich	11.5	10.1	-11.9
HE032 Bebra	städtisch	18.5	13.2	-28.7
HE042 Linden	ländlich	20.5	19.4	-5.6
HE031 Fulda	städtisch	26.1	16.9	-35.4
HE030 Marburg	städtisch	26.7	18.7	-30.0
HE044 Limburg	städtisch	27.2	25.9	-4.9
HE999 Kassel-Mitte	städtisch	28.6	25.1	-12.4
HE018 Raunheim	städtisch	31.4	33.8	7.6
HE020 Wetzlar	städtisch, verkehrsbeeinflusst	34.0	20.0	-41.2
HE022 Wiesbaden-Süd	städtisch	34.7	30.8	-11.2
HE010 Gießen	städtisch, verkehrsbeeinflusst	47.5	21.5	-54.7
HE049 Kassel-Fünffenster-Str.	städtisch, verkehrsbeeinflusst	53.8	24.5	-54.5
HE037 Wiesbaden-Ringkirche	städtisch, verkehrsbeeinflusst	53.9	30.4	-43.5
<b>PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte</b>				
HE024 Witzenhausen/Wald	ländlich	11.1	10.7	-3.5
HE998 Kellerwald	ländlich	11.7	11.7	0.1
HE046 Bad Arolsen	ländlich	16.0	13.2	-17.3
HE031 Fulda	städtisch	17.3	13.7	-20.8
HE044 Limburg	städtisch	17.3	15.1	-12.7
HE032 Bebra	städtisch	17.6	13.3	-24.2
HE030 Marburg	städtisch	17.7	13.8	-22.0
HE018 Raunheim	städtisch	17.9	16.6	-7.0
HE022 Wiesbaden-Süd	städtisch	18.8	18.2	-3.0
HE042 Linden	ländlich	19.0	13.4	-29.6
HE999 Kassel-Mitte	städtisch	20.0	15.1	-24.3
HE037 Wiesbaden-Ringkirche	städtisch, verkehrsbeeinflusst	22.5	15.6	-30.5
HE014 Kassel-Nord	städtisch, verkehrsbeeinflusst	24.0	15.2	-36.8
HE010 Gießen	städtisch, verkehrsbeeinflusst	24.7	14.1	-42.8
HE020 Wetzlar	städtisch, verkehrsbeeinflusst	27.2	13.9	-48.9
HE049 Kassel-Fünffenster-Str.	städtisch, verkehrsbeeinflusst	29.1	14.9	-48.8



**Abbildung 6-9:** Vergleich von Messwerten 2008 innerhalb der vier Teilgebiete mit der modellierten Vorbelastung für  $\text{NO}_2$  (links) und  $\text{PM}_{10}$  (rechts). Dargestellt ist als durchgezogene Linie die Winkelhalbierende, als gestrichelte Linien der Bereich des Datenqualitätsziels für Modellierungen in Höhe von 30 % für  $\text{NO}_2$  und 50 % für  $\text{PM}_{10}$  nach EU (2008). Näheres s. Text.

## 6.3 Szenarien zur Quellgruppenanalyse

### 6.3.1 Überblick

In einem ersten Szenario wurden die gesamten anthropogenen Emissionen in Hessen auf Null gesetzt. Zur Abschätzung der Beiträge der Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung und Kleinverbraucher, sowie Kfz-Verkehr zur Vor- und Gesamtbelastung wurden drei weitere Szenarien berechnet, bei denen in Hessen alle Emissionen der jeweiligen Verursachergruppe auf Null gesetzt wurden. Die Beiträge der Quellgruppen in diesem Gebiet zur gesamten Vorbelastung ergeben sich dann als Differenzen der Ergebnisse des Basislaufs und der Ergebnisse der jeweiligen Läufe ohne die Emissionen der drei Quellgruppen. Die einzelnen Quellgruppen tragen durch Emissionen außerhalb von Hessen auch zum Ferntransport in das Untersuchungsgebiet bei und die Anteile der einzelnen Quellgruppen an der gesamten Vorbelastung sind damit streng genommen höher als die hier ermittelten Beiträge aufgrund von Emissionen in Hessen.

Es wird darauf hingewiesen, dass der so bestimmte Beitrag nur als Näherung betrachtet werden kann. Hauptursache dafür sind die nichtlinearen Beziehungen zwischen den Vorläuferemissionen und den über eine komplexe Kette chemischer Reaktionen und physikalischer Prozesse entstehenden Folgeprodukten wie  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$  und sekundäre Aerosole, die einen großen Anteil an der Gesamtmasse des  $\text{PM}_{10}$  haben. Eine Änderung der Zusammensetzung der Emissionen und damit des Gemisches der Vorläuferemissionen führt zu einer Änderung der chemischen Abläufe und damit zu einer Änderung der Konzentrationsbeiträge.

Die Auswertung der Szenarienrechnungen erfolgt für jedes der in Abschnitt 5.1.2 für die urbane Skala definierten Untersuchungsgebiete. In den folgenden Abschnitten 6.3.2 bis

6.3.5 werden dazu jeweils die absoluten und relativen Beiträge der betreffenden Verursachergruppe zu den NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Konzentrationen des Basislaufes mit allen Emissionen als Jahresmittelwerte in tabellarischer und kartographischer Form dargestellt. Die in den Tabellen aufgeführten Werte beziehen sich dabei jeweils auf die innerhalb Hessens liegenden Bereiche der Untersuchungsgebiete. Die kartographischen Darstellungen zeigen die gesamten Untersuchungsgebiete, die teilweise auch Bereiche außerhalb Hessens beinhalten.

In den Abschnitten 6.3.6 bis 6.3.8 folgen die lokalen Szenarien für Kassel und Wetzlar sowie in Abschnitt 6.4 die Vergleichsrechnung auf Basis der Meteorologie 2005 mit entsprechenden kartographischen Darstellungen.

### 6.3.2 Beiträge der hessischen Emissionen

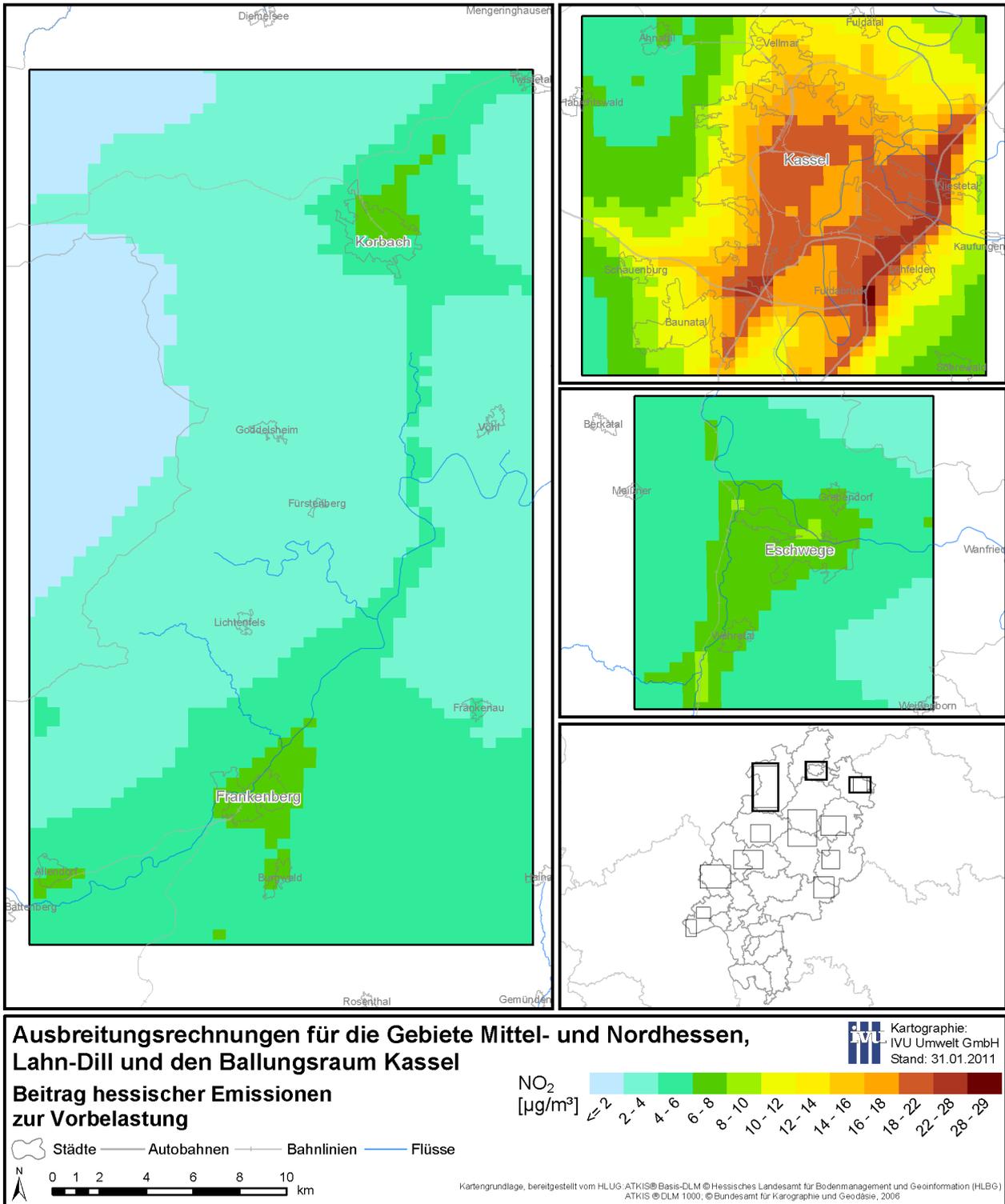
Eine Zusammenstellung der berechneten Bandbreiten für den Beitrag der hessischen Emissionsquellen zur Vorbelastung kann in Tabelle 6-3 gefunden werden. Abbildung 6-10 bis Abbildung 6-17 zeigen die flächenhafte Auswertung des Szenarios für NO<sub>2</sub>. Zur Berechnung dieses Szenarios wurden alle Emissionen auf dem Gebiet des Landes Hessen auf Null gesetzt. Dieses Szenario ermöglicht eine Abschätzung, welcher Anteil der Immissionen in Hessen hausgemacht ist.

**Tabelle 6-3: Szenario hessische Emissionen: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung**

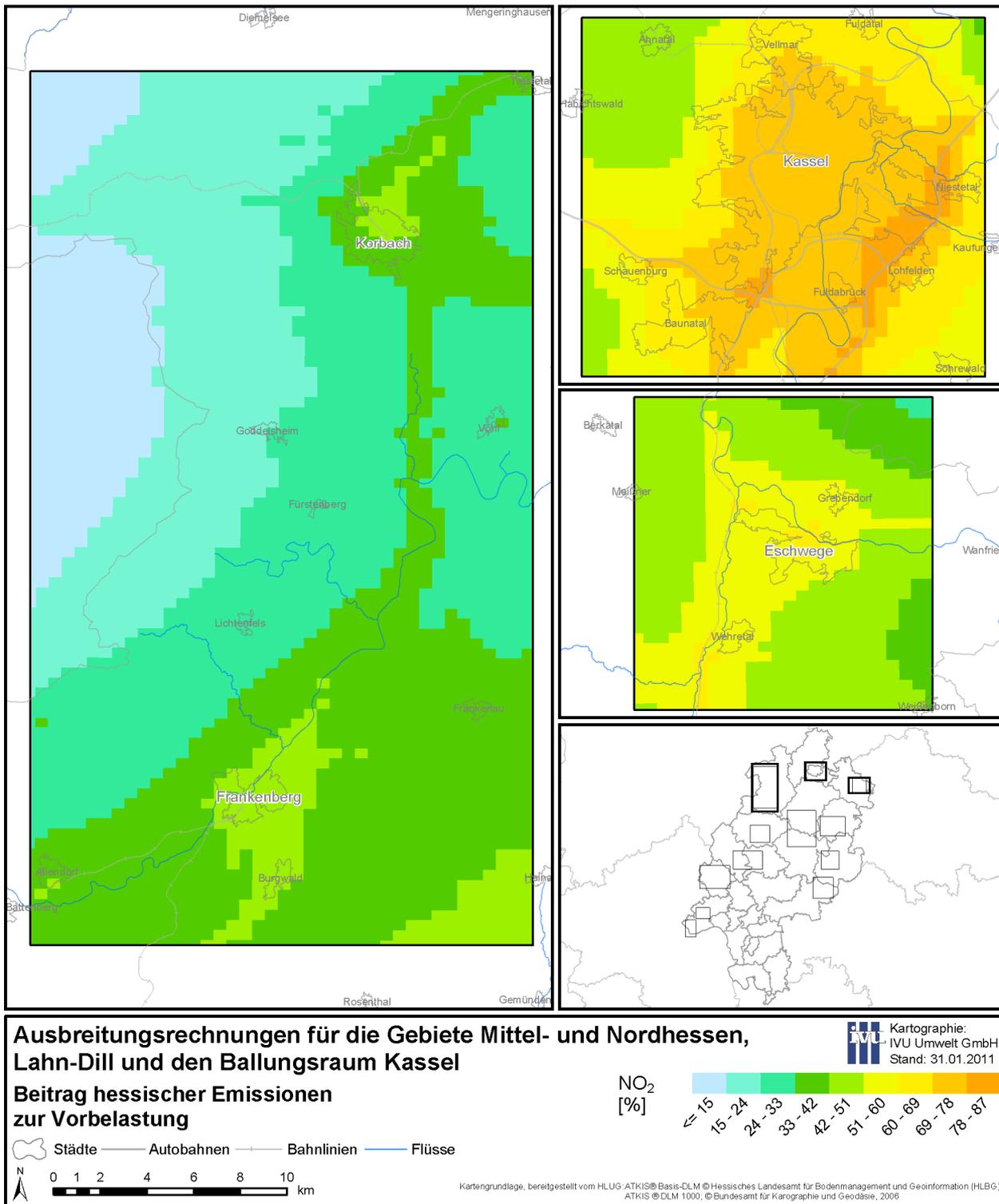
Teil- gebiet	Untersuchungs- gebiet	NO <sub>2</sub>				PM <sub>10</sub>			
		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Nord	Eschwege	3.2	9.1	35.9	64.5	2.1	4.4	18.2	32.7
	Kassel	5.1	28.3	42.9	83.0	2.5	6.3	21.1	40.7
	Korbach/Frankenberg	1.4	7.9	11.0	50.1	0.9	3.4	7.7	26.2
West	Limburg/Weilburg	2.2	28.5	13.6	70.3	1.2	16.4	9.4	60.8
	Marburg	4.4	14.0	40.0	70.6	2.7	6.1	23.5	41.4
	Wetzlar/Gießen	5.9	21.2	46.8	79.8	2.4	28.0	21.5	75.9
Ost	Bad Hersfeld	4.2	28.2	49.2	86.2	2.6	6.0	24.8	43.0
	Fulda	4.8	16.9	51.5	77.8	3.0	5.4	25.9	38.6
	Schlüchtern	3.5	13.4	31.8	71.2	2.0	6.3	16.5	42.3
	Schwalmstadt/Alsfeld	4.1	17.7	44.7	78.1	2.8	5.1	26.2	37.8
Süd	Bad Schwalbach	2.3	6.5	21.6	46.0	1.3	2.3	11.3	19.7
	Rüdesheim	1.5	5.9	10.6	27.8	0.9	2.9	8.0	19.5

Die absoluten Beiträge der auf hessischen Emissionen zu den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten der Vorbelastung liegen innerhalb Hessens zwischen 1.4 und 29 µg/m<sup>3</sup>. Die höchsten absoluten Beiträge von mehr als 18 µg/m<sup>3</sup> werden für die Kassel, Limburg, Gießen und Bad Hersfeld, die niedrigsten maximalen Beiträge von weniger als 8 µg/m<sup>3</sup> für Korbach/Frankenberg, Bad Schwalbach und Rüdesheim berechnet.

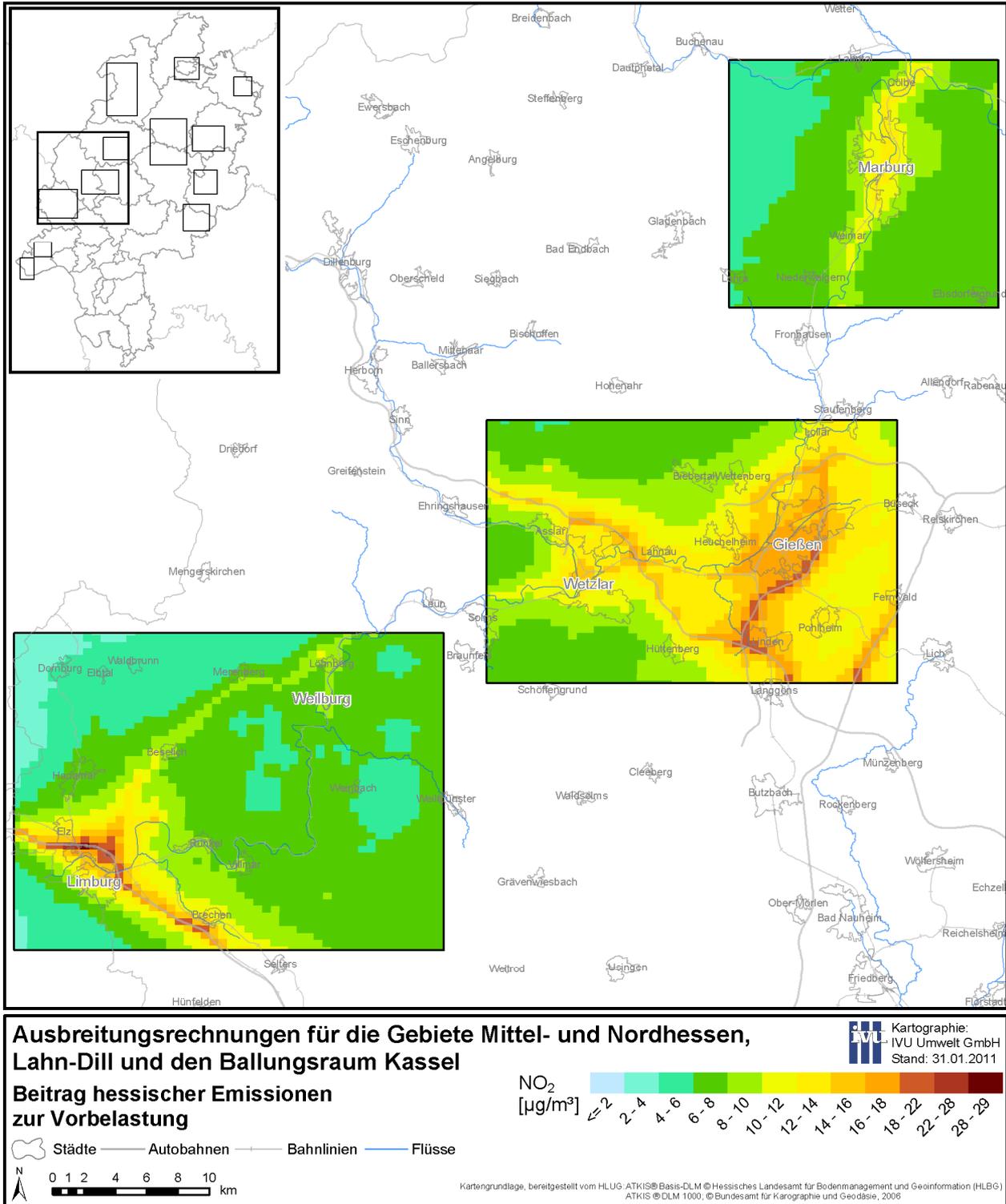
Bezogen auf die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte des Basislaufes mit allen Emissionen liegen innerhalb Hessens die relativen Beiträge der hessischen Emissionen zwischen 11 und 86 %. Die höchsten relativen Beiträge von mehr als 78 % werden für Kassel, Bad Hersfeld, Gießen und Alsfeld ermittelt.



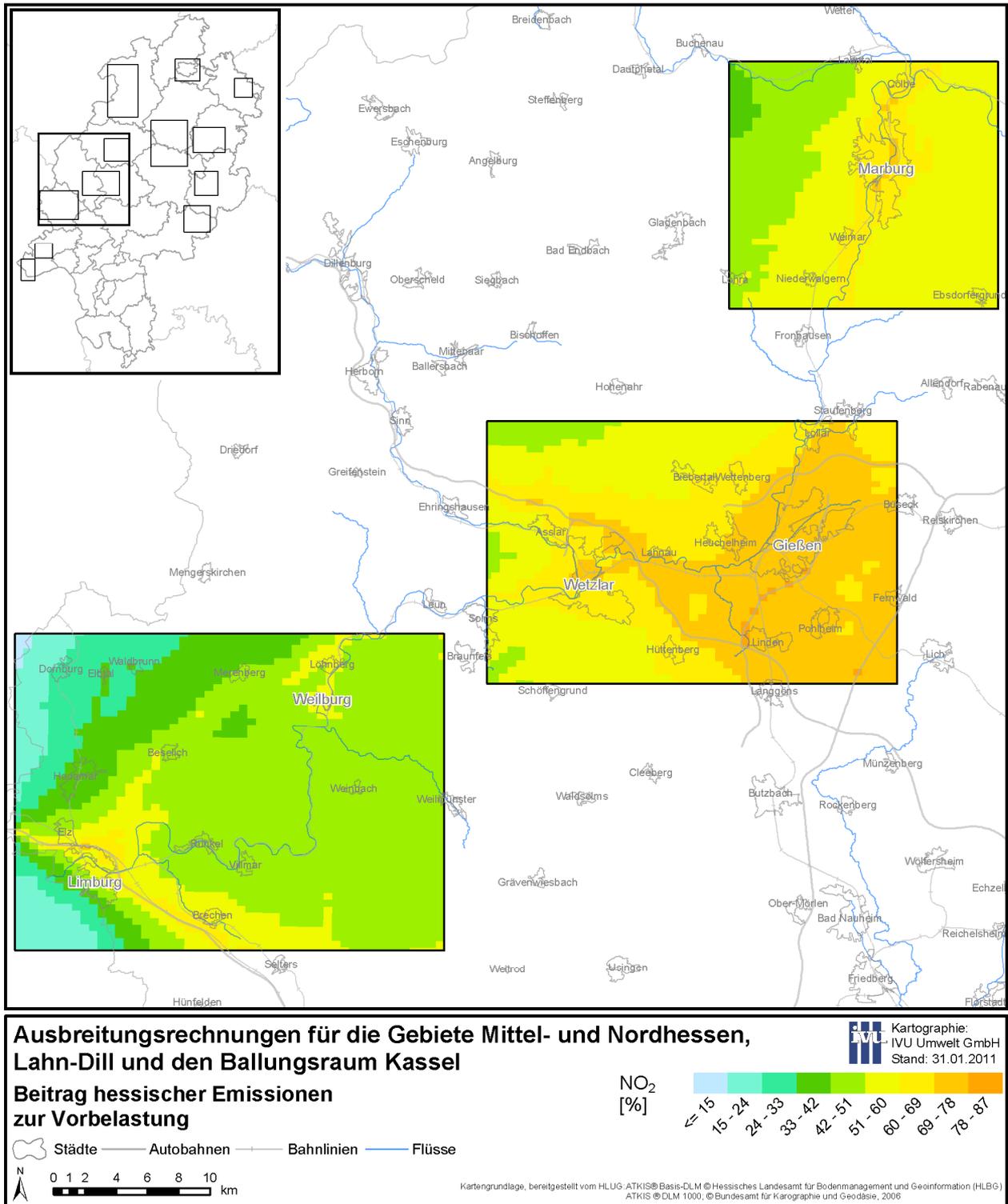
**Abbildung 6-10: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Emissionsquellen in Hessen**



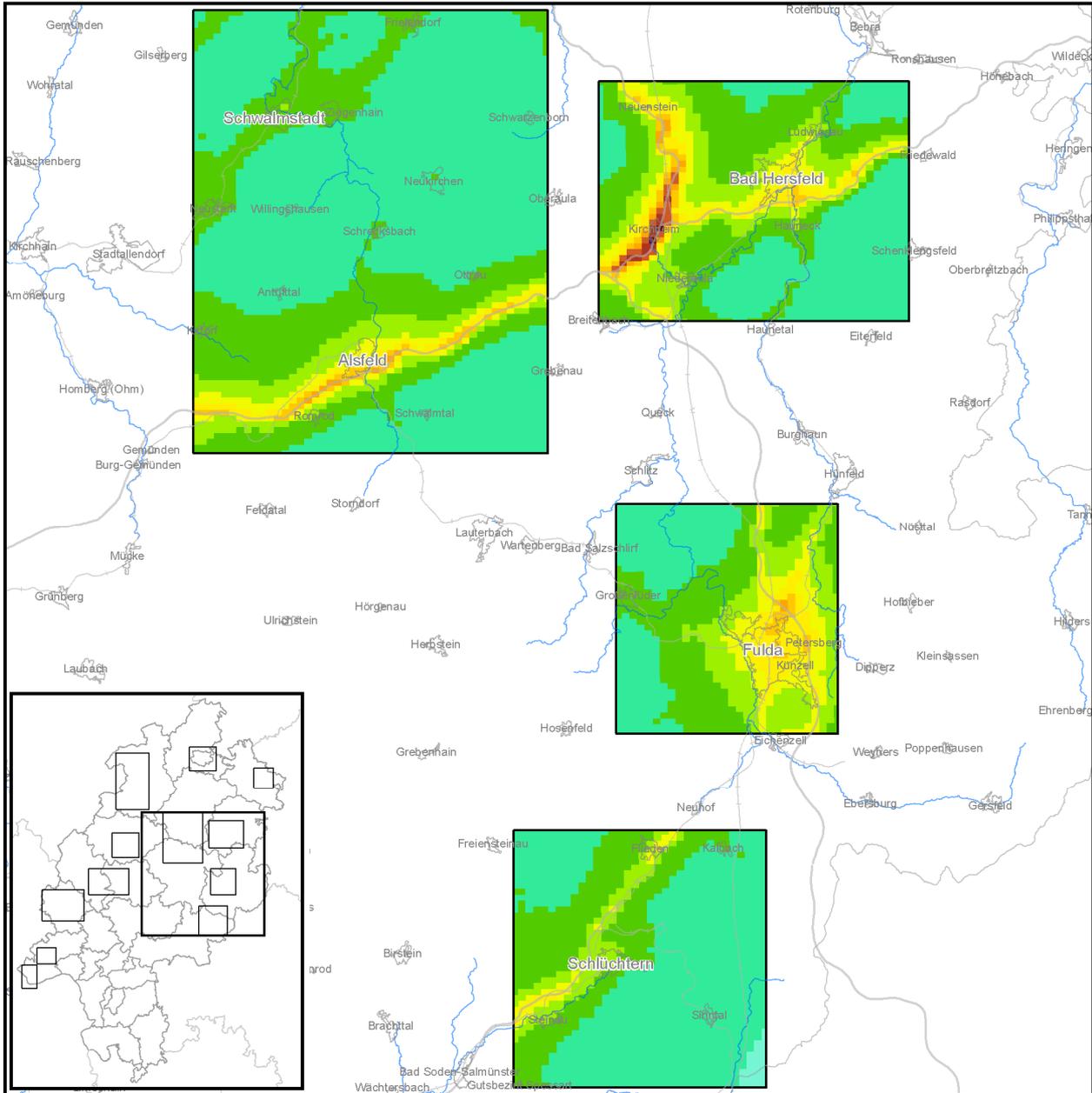
**Abbildung 6-11: Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



**Abbildung 6-12: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Emissionsquellen in Hessen**



**Abbildung 6-13: Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



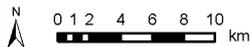
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag hessischer Emissionen zur Vorbelastung**

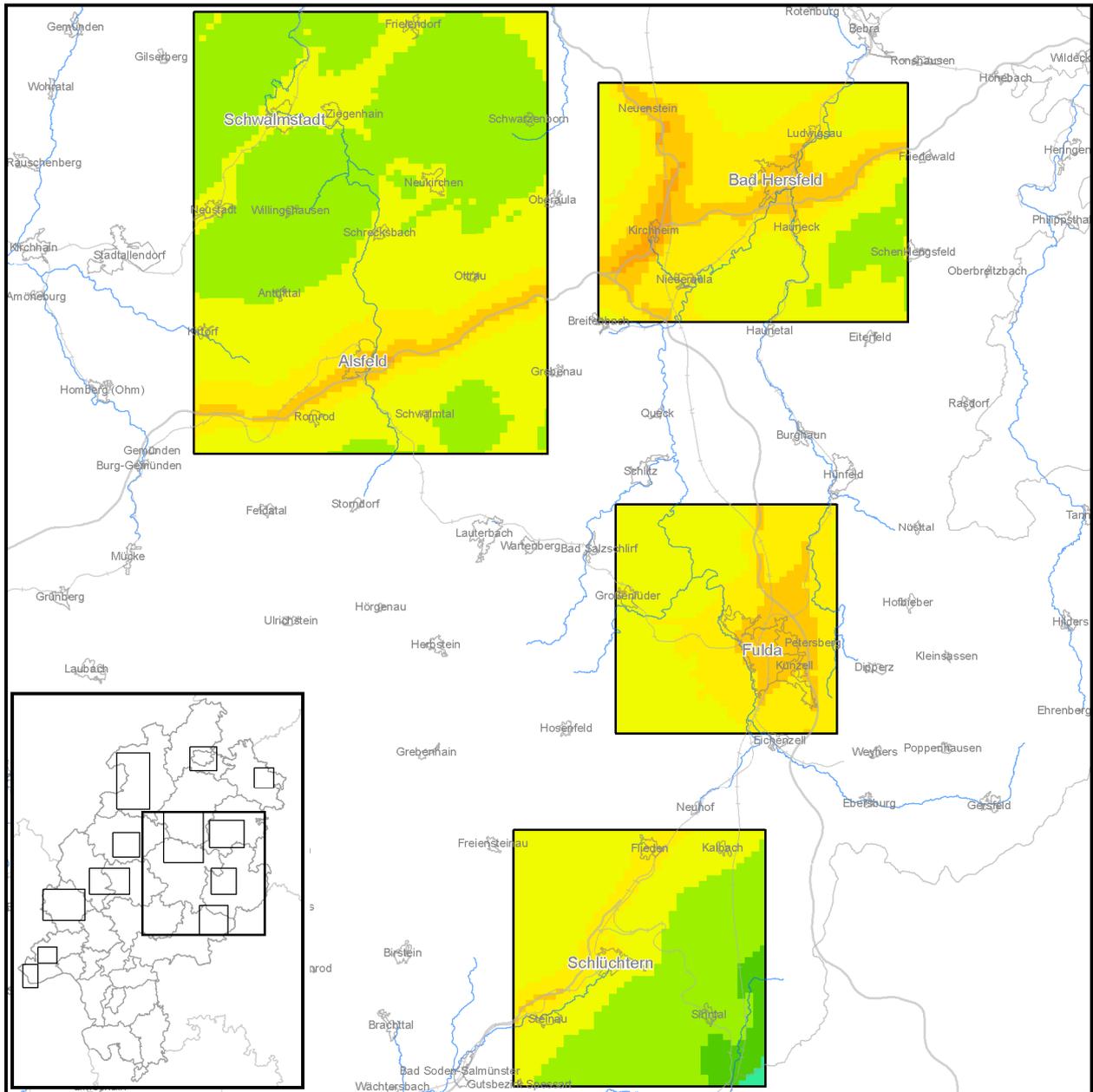


Städte  
 Autobahnen  
 Bahnliesen  
 Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLOG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-14: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Emissionsquellen in Hessen**



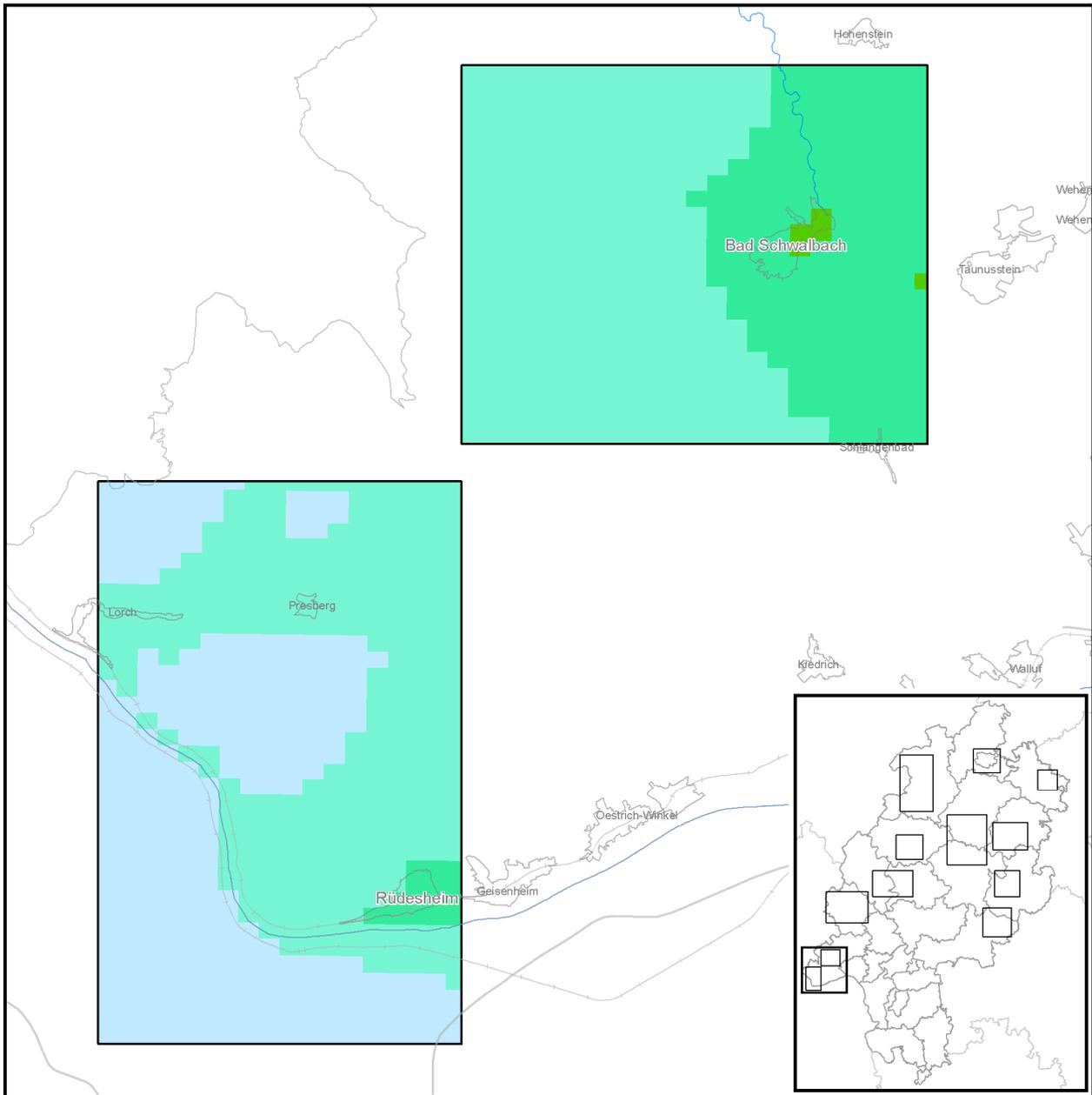
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag hessischer Emissionen zur Vorbelastung**

Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

Kartogrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

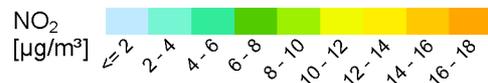
**Abbildung 6-15: Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



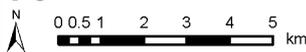
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag hessischer Emissionen zur Vorbelastung**

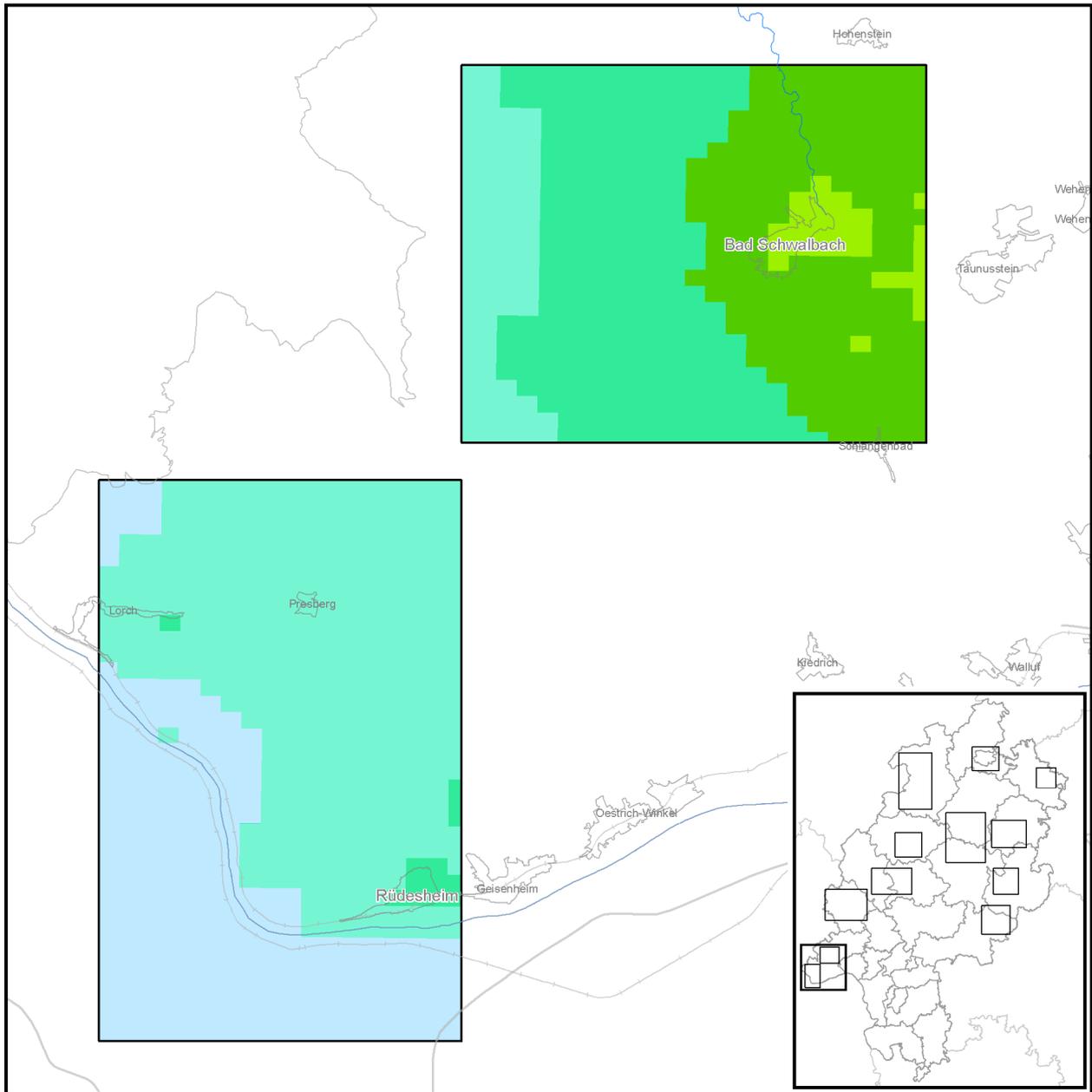


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG: ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-16: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim verursacht durch Emissionsquellen in Hessen**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag hessischer Emissionen zur Vorbelastung**

Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlmnen   
 Flüsse

N  
 0 0.5 1 2 3 4 5 km

NO<sub>2</sub> [%]



Kartographie:  
 IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

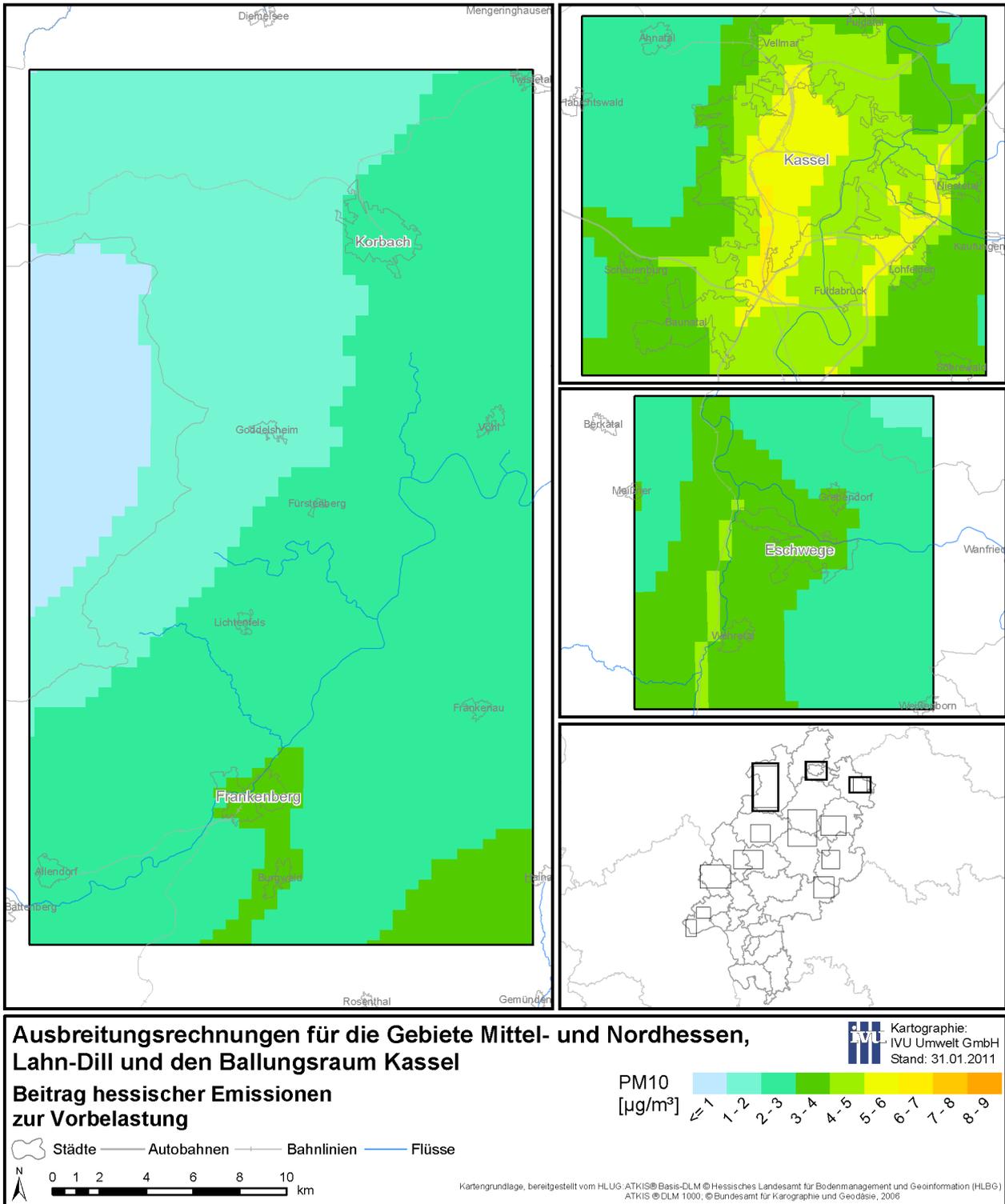
**Abbildung 6-17: Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rudesheim**



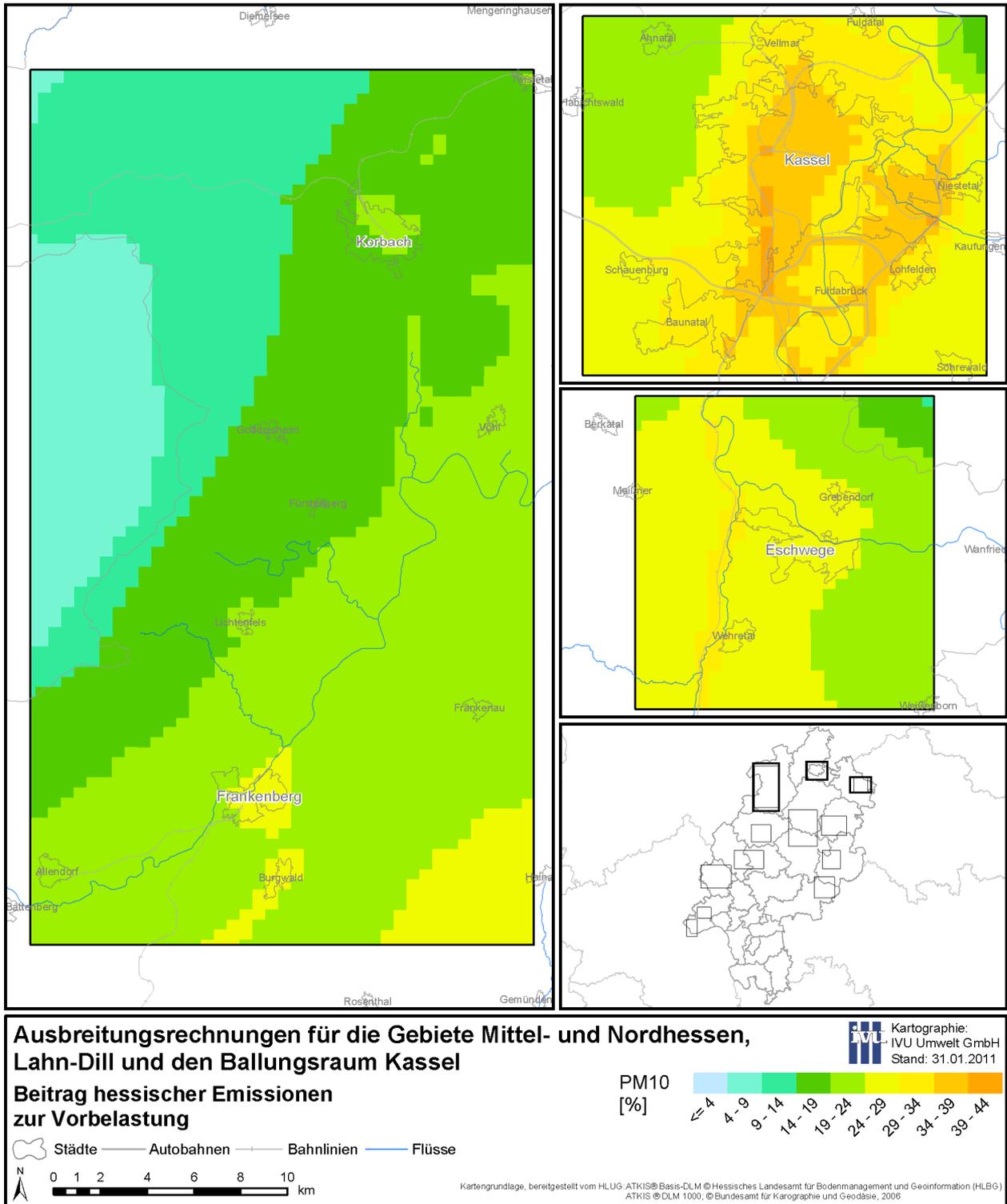
Abbildung 6-18 bis Abbildung 6-25 zeigen die flächenhafte Auswertung des Szenarios hessischen Emissionen für die PM10-Jahresmittelwerte.

Die absoluten Beiträge der hessischen Emissionen zu den PM10-Jahresmittelwerten der Vorbelastung schwanken zwischen 1 und 28  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Beiträge von mehr als 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  werden aber nur in Wetzlar und Limburg berechnet und sind auf hohe lokale industrielle Emissionen zurückzuführen.

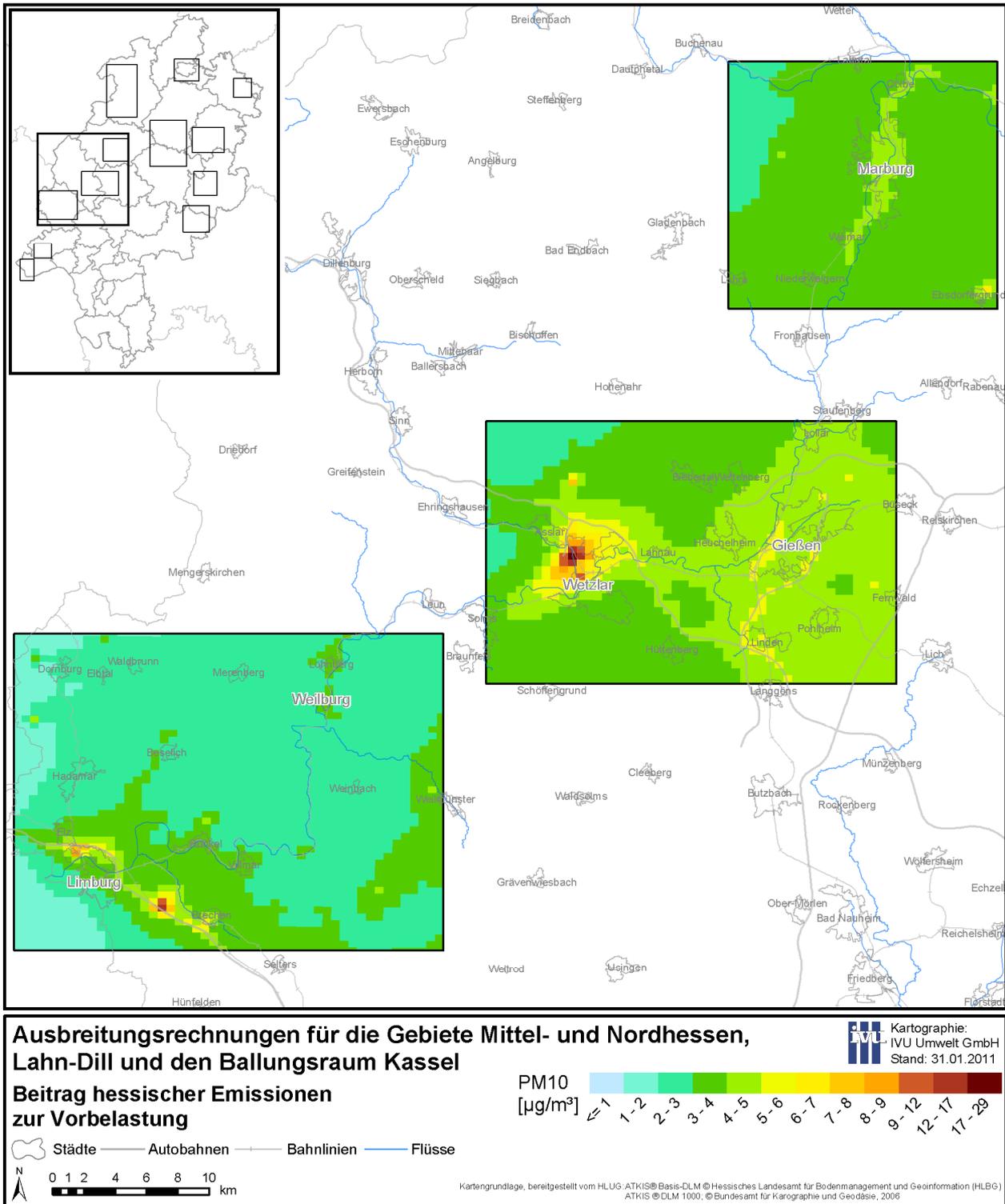
Bezogen auf die PM10-Jahresmittelwerte des Basislaufs mit allen Emissionen umfassen innerhalb Hessens die relativen Beiträge der hessischen Emissionen einen Bereich von circa 8 bis 76 %. Lokal sehr hohe relative Beiträge über 60 % werden nur an Industriestandorten in Limburg und Wetzlar ermittelt. In den übrigen Untersuchungsgebieten tragen die hessischen Emissionen zu höchstens 43 % zu den PM10-Jahresmittelwerten der Basissimulation bei. Die geringsten hessischen Beiträge werden für die nahe an der Landesgrenze liegenden Untersuchungsgebiete Korbach/Frankenberg, Bad Schwalbach und Rüdesheim berechnet.



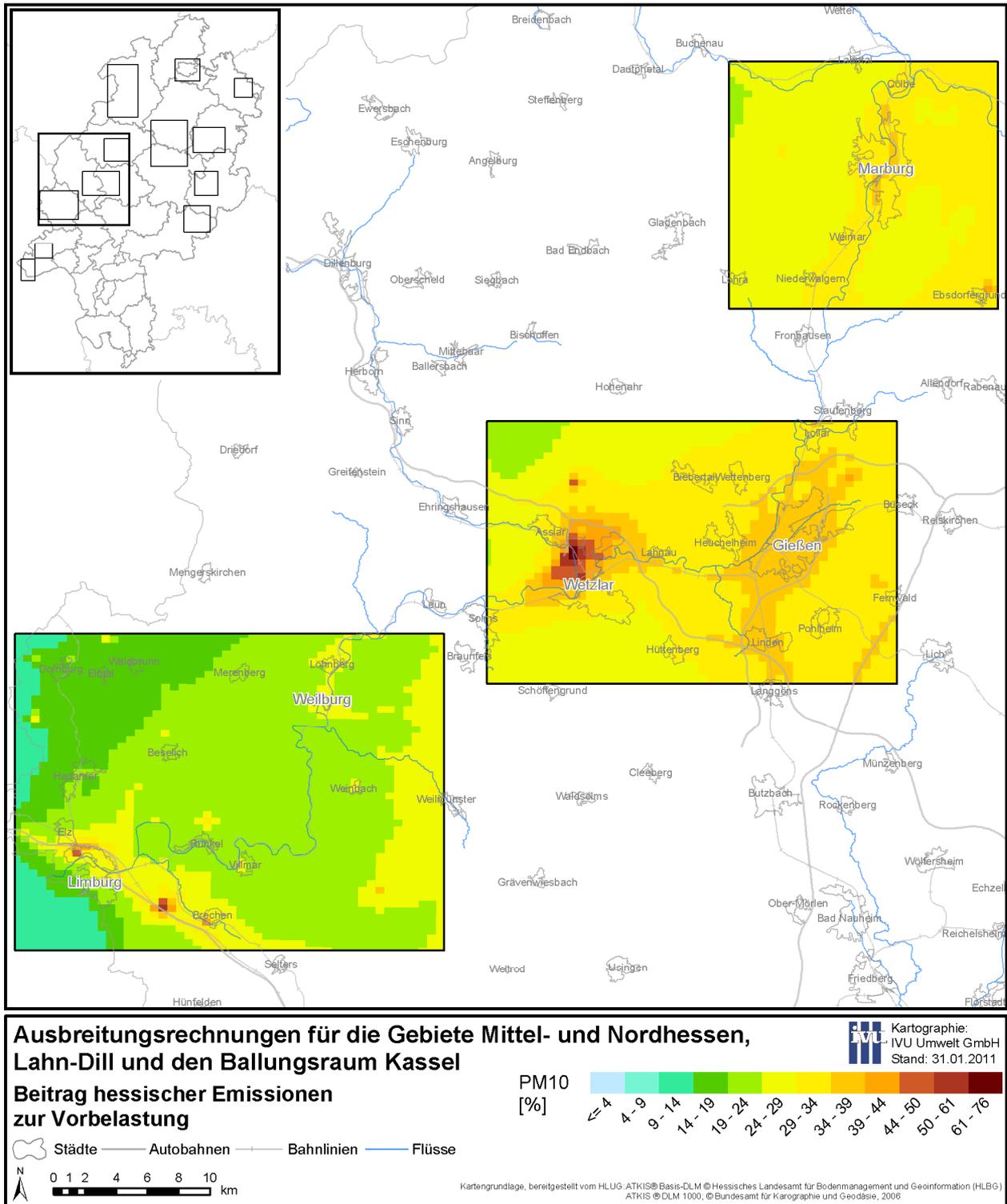
**Abbildung 6-18: PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Emissionsquellen in Hessen**



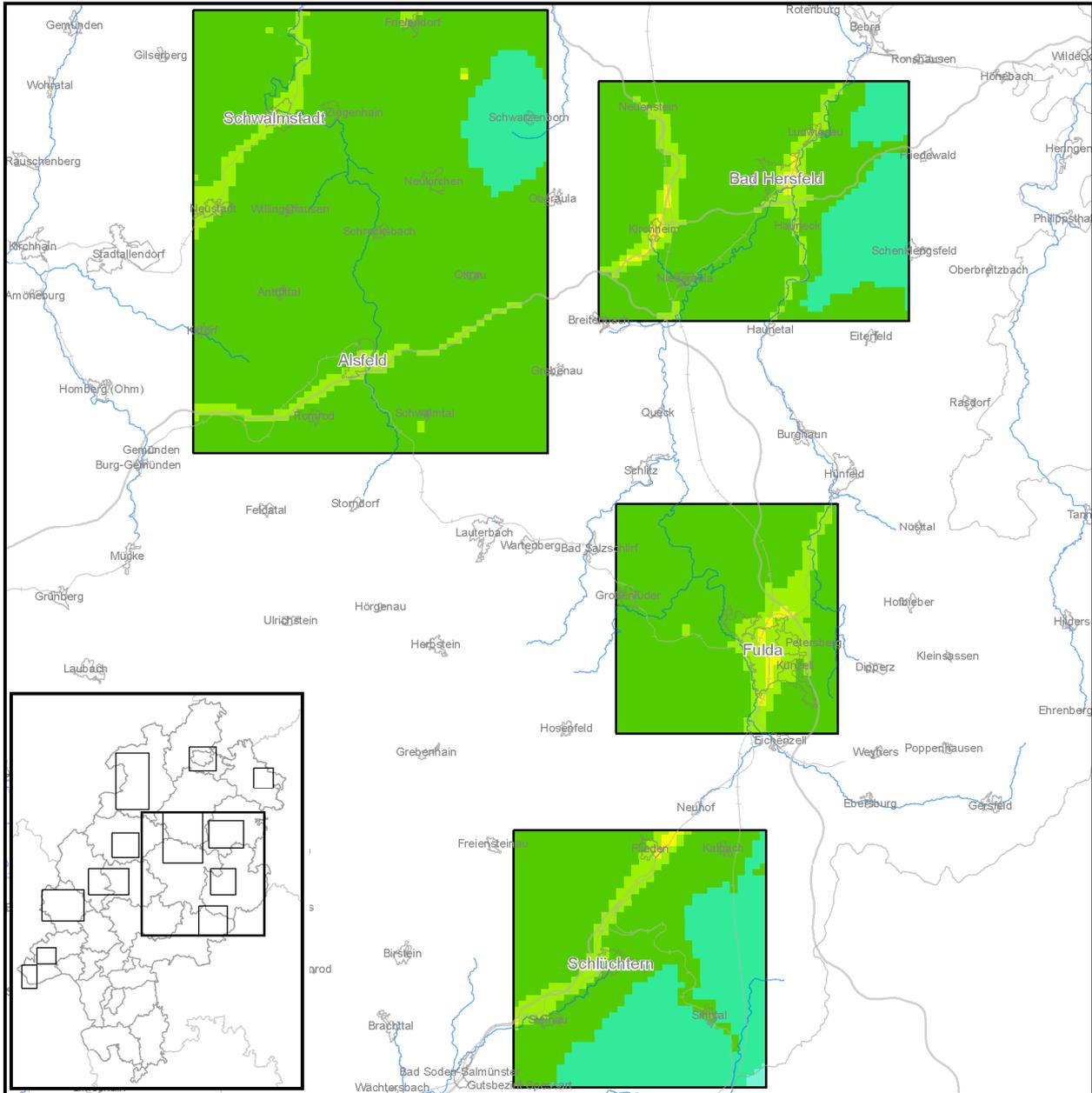
**Abbildung 6-19: Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



**Abbildung 6-20: PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Emissionsquellen in Hessen**



**Abbildung 6-21: Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag hessischer Emissionen zur Vorbelastung**

Städte — Autobahnen — Bahnlinien — Flüsse

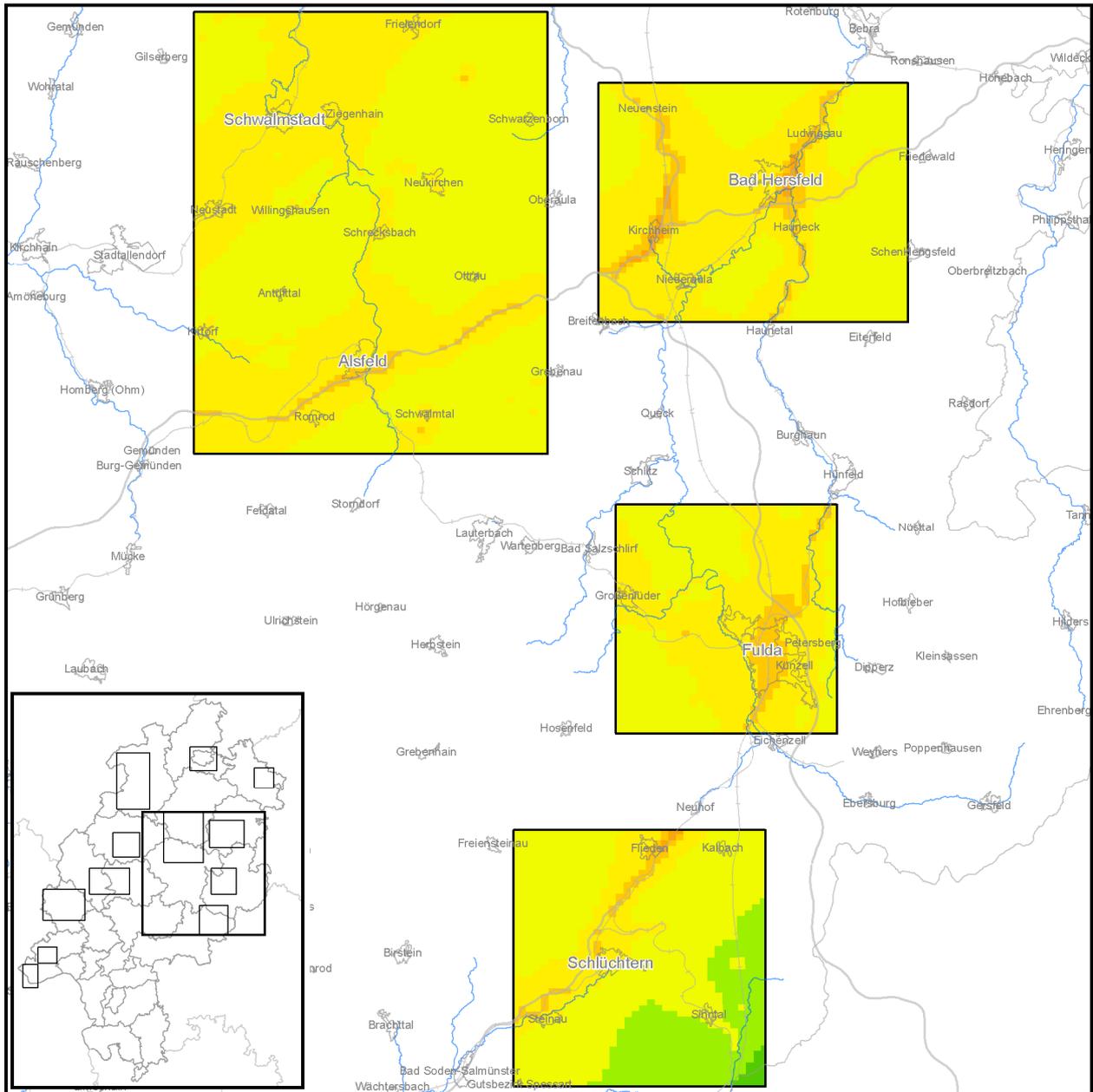
N 0 1 2 4 6 8 10 km

Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLOG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

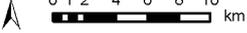
**Abbildung 6-22: PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Emissionsquellen in Hessen**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag hessischer Emissionen zur Vorbelastung**

 Städte —  Autobahnen —  Bahnlinien —  Flüsse

 0 1 2 4 6 8 10 km

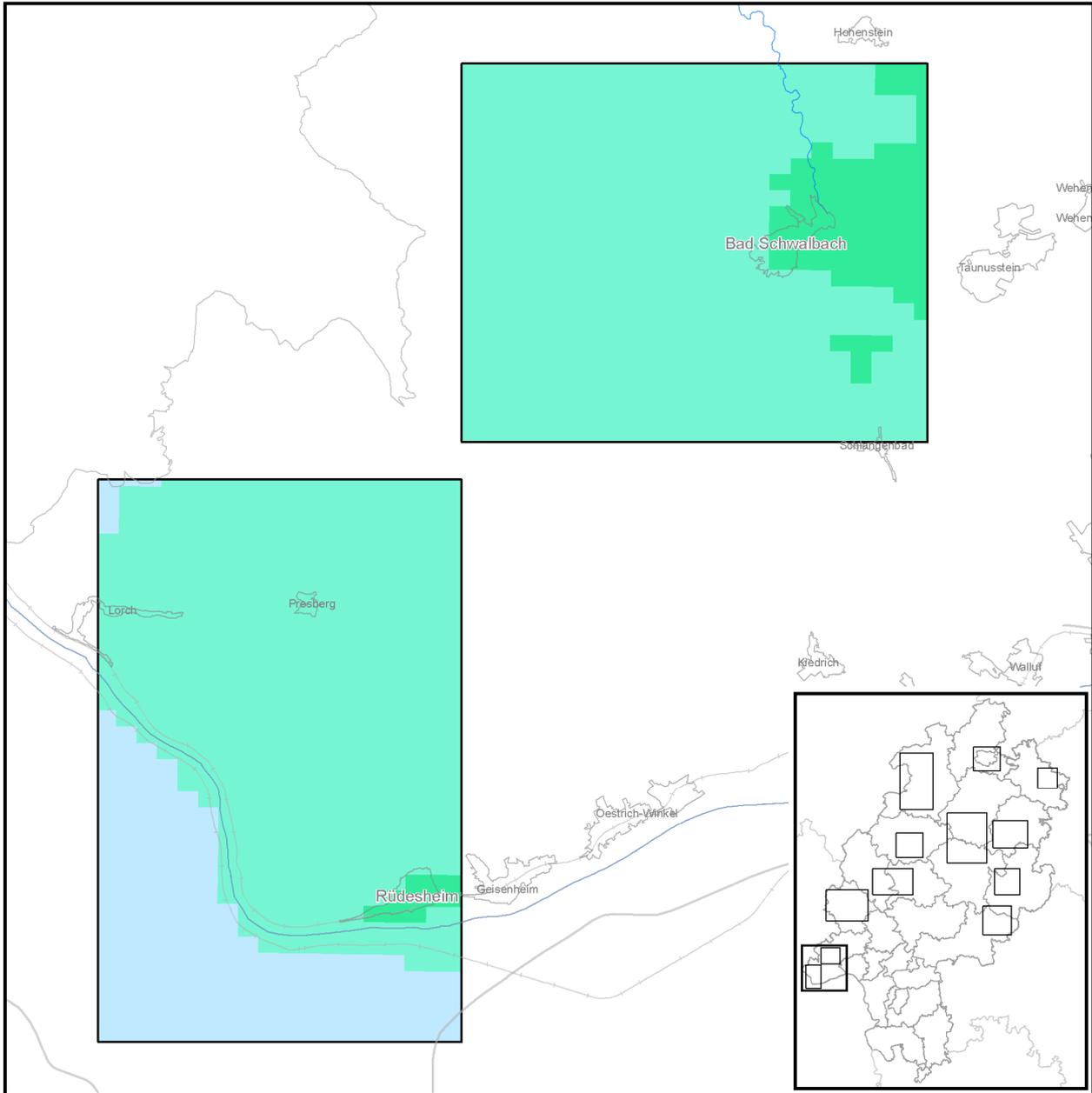
 Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

**PM10 [%]**

≤ 4	4 - 9	9 - 14	14 - 19	19 - 24	24 - 29	29 - 34	34 - 39	39 - 44
-----	-------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Kartogrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-23: Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag hessischer Emissionen zur Vorbelastung**

Städte — Autobahnen — Bahnlinien — Flüsse

0 0.5 1 2 3 4 5 km

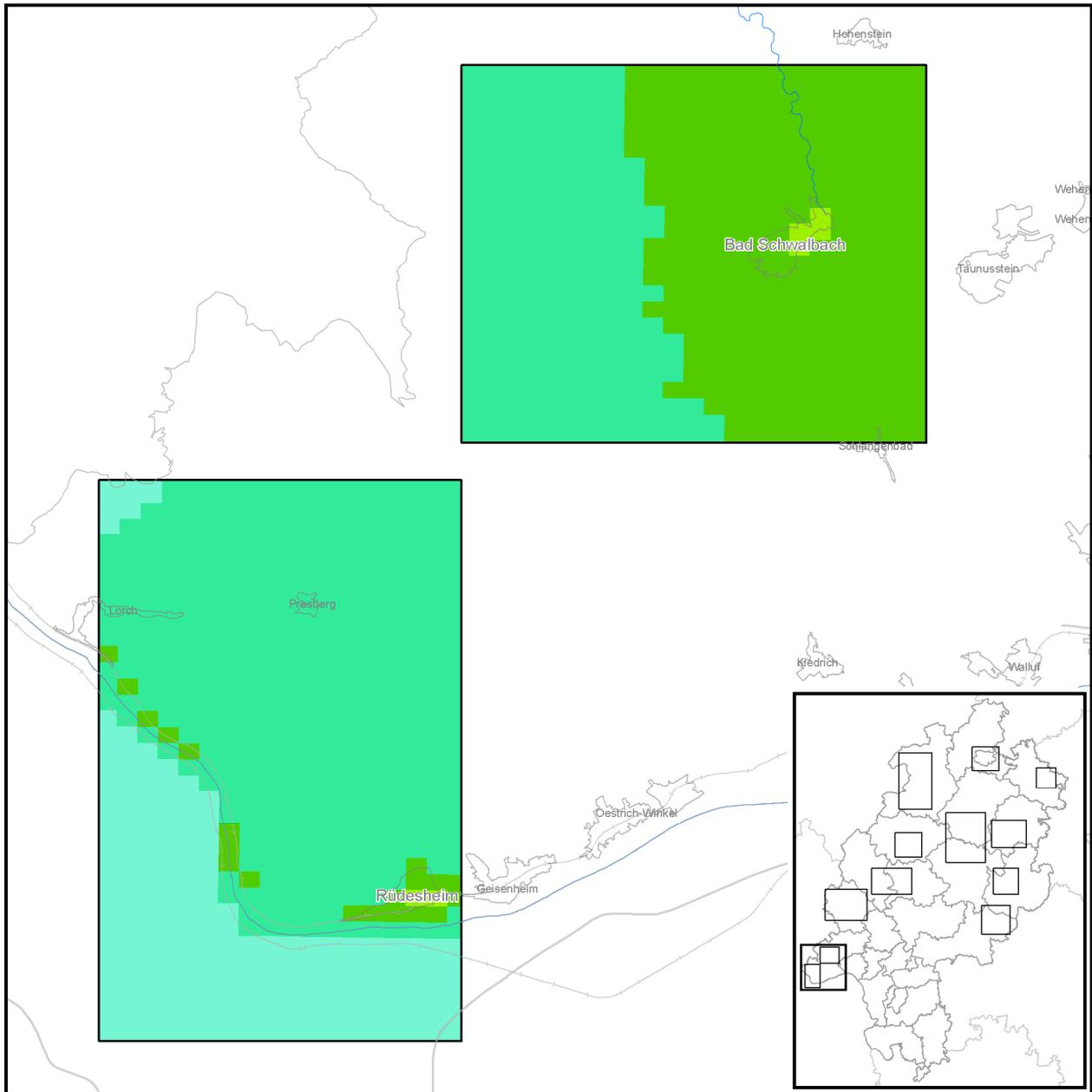
Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-24: PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim verursacht durch Emissionsquellen in Hessen**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag hessischer Emissionen zur Vorbelastung**

Städte   
  Autobahnen   
  Bahnlinien   
  Flüsse

0 0.5 1 2 3 4 5 km

Kartographie: ivU IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

PM10 [%]
≤ 4
4 - 9
9 - 14
14 - 19
19 - 24
24 - 29
29 - 34
34 - 39
39 - 44

Kartogrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-25: Relativer Anteil der Emissionsquellen Hessens an der PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshcim**



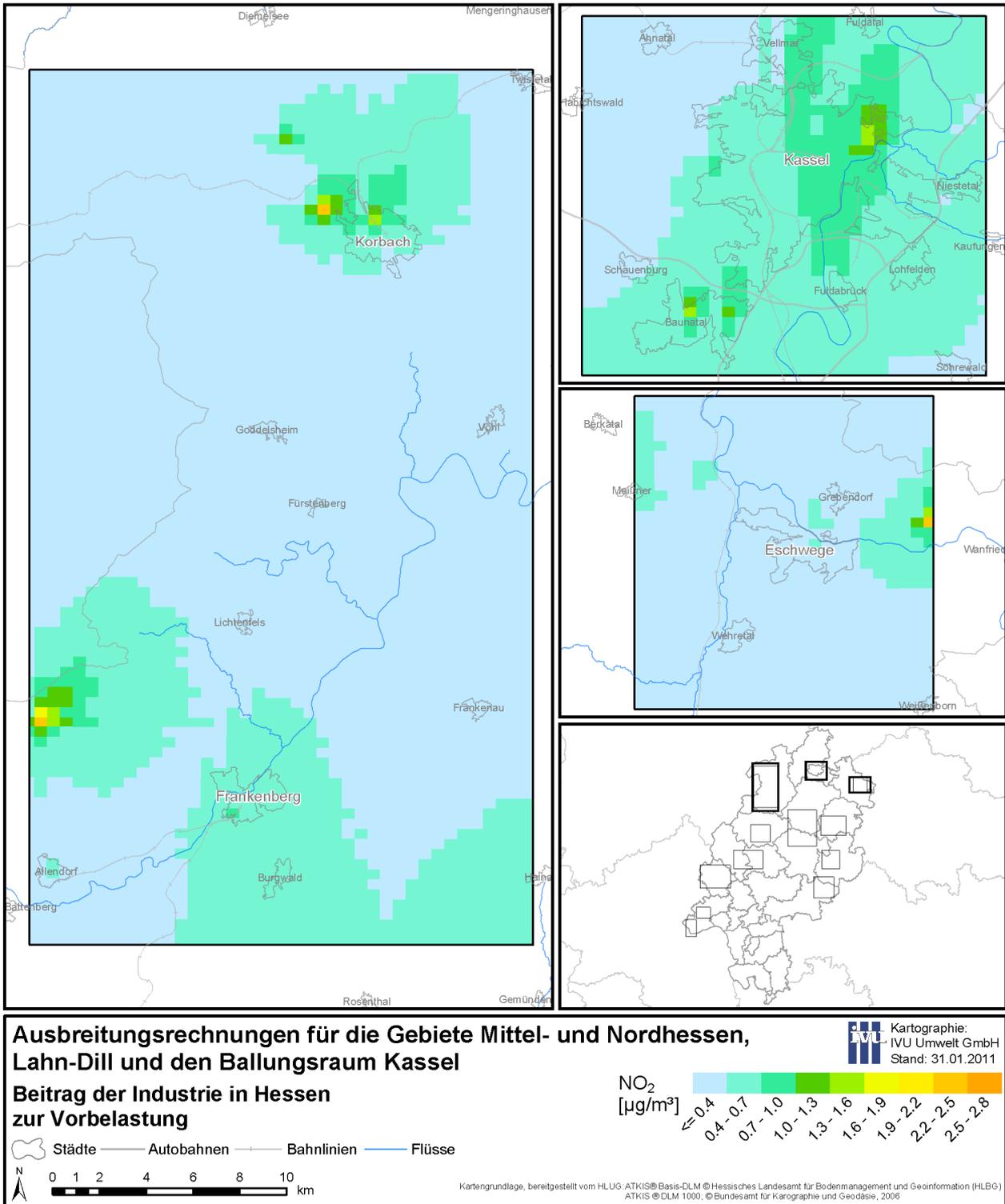
### 6.3.3 Beiträge der Industrie

Eine Zusammenstellung der berechneten Bandbreiten für den Beitrag der Industrie zur Vorbelastung zeigt Tabelle 6-4. Abbildung 6-26 bis Abbildung 6-33 zeigen die flächenhafte Auswertung des Szenarios Industrie für NO<sub>2</sub>. Zur Berechnung dieses Szenarios wurden alle industriellen Emissionen auf dem Gebiet des Landes Hessen auf Null gesetzt.

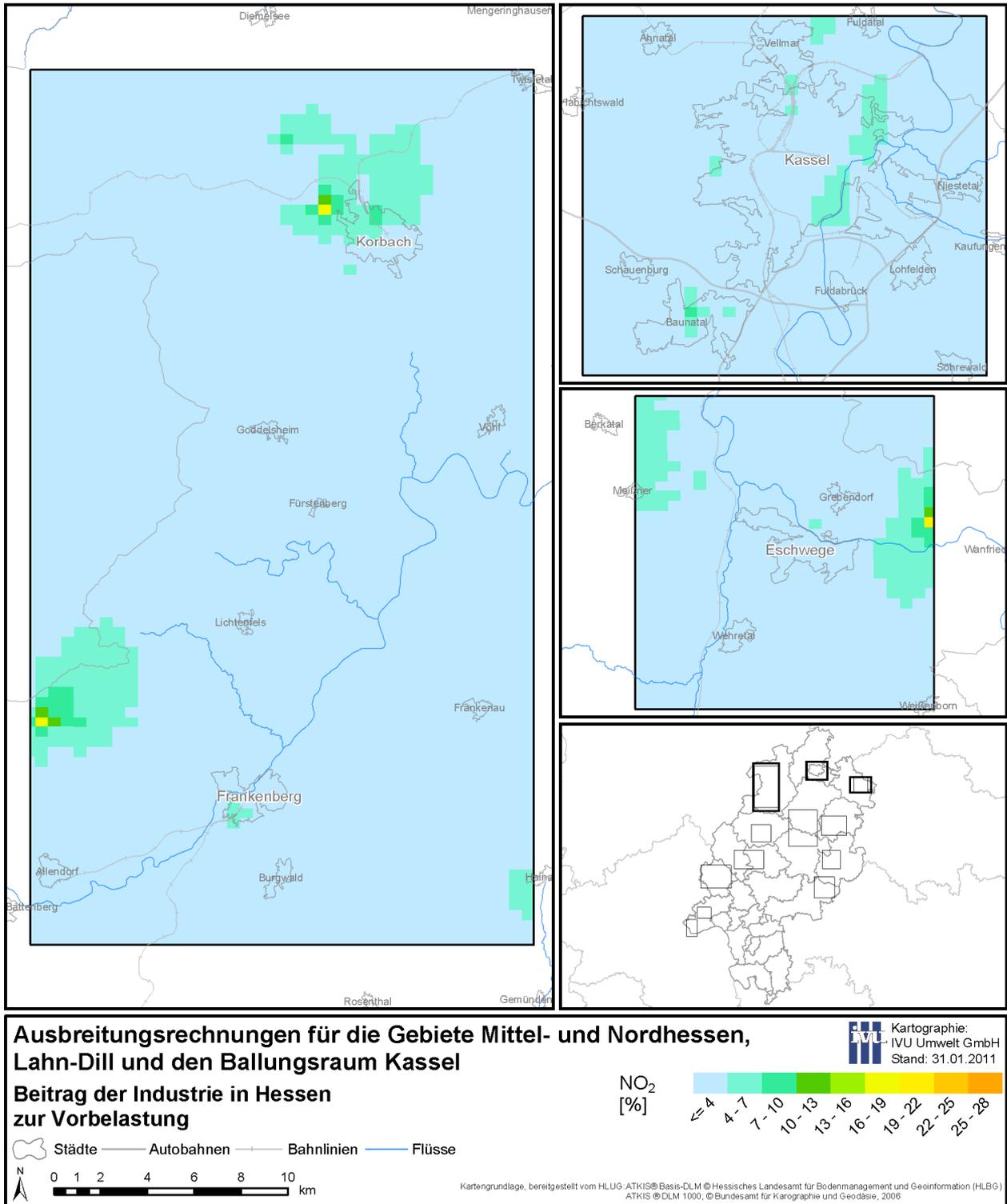
**Tabelle 6-4: Szenario Industrie: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung**

Teil- gebiet	Untersuchungs- gebiet	NO <sub>2</sub>				PM10			
		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Nord	Eschwege	0.3	2.4	2.5	19.4	0.1	0.3	1.2	2.5
	Kassel	0.2	1.5	1.2	7.3	0.1	0.3	0.9	2.3
	Korbach/Frankenberg	0.1	2.5	1.1	16.4	0.1	0.4	0.5	3.2
West	Limburg/Weilburg	0.3	6.2	1.3	25.3	0.2	12.3	1.6	45.6
	Marburg	0.4	1.0	2.6	7.1	0.2	2.7	1.6	18.2
	Wetzlar/Gießen	0.4	5.2	2.3	27.8	0.2	24.8	1.9	67.1
Ost	Bad Hersfeld	0.3	1.1	0.9	10.2	0.2	0.9	1.4	7.0
	Fulda	0.6	2.7	3.4	14.4	0.2	1.2	1.6	9.3
	Schlüchtern	0.5	1.1	4.0	9.6	0.2	0.6	1.9	5.6
	Schwalmstadt/Alsfeld	0.3	0.8	1.9	8.1	0.2	2.2	1.7	16.2
Süd	Bad Schwalbach	0.3	0.5	2.3	3.5	0.1	0.2	1.2	2.0
	Rüdesheim	0.2	1.6	1.3	12.6	0.1	0.4	0.8	3.3

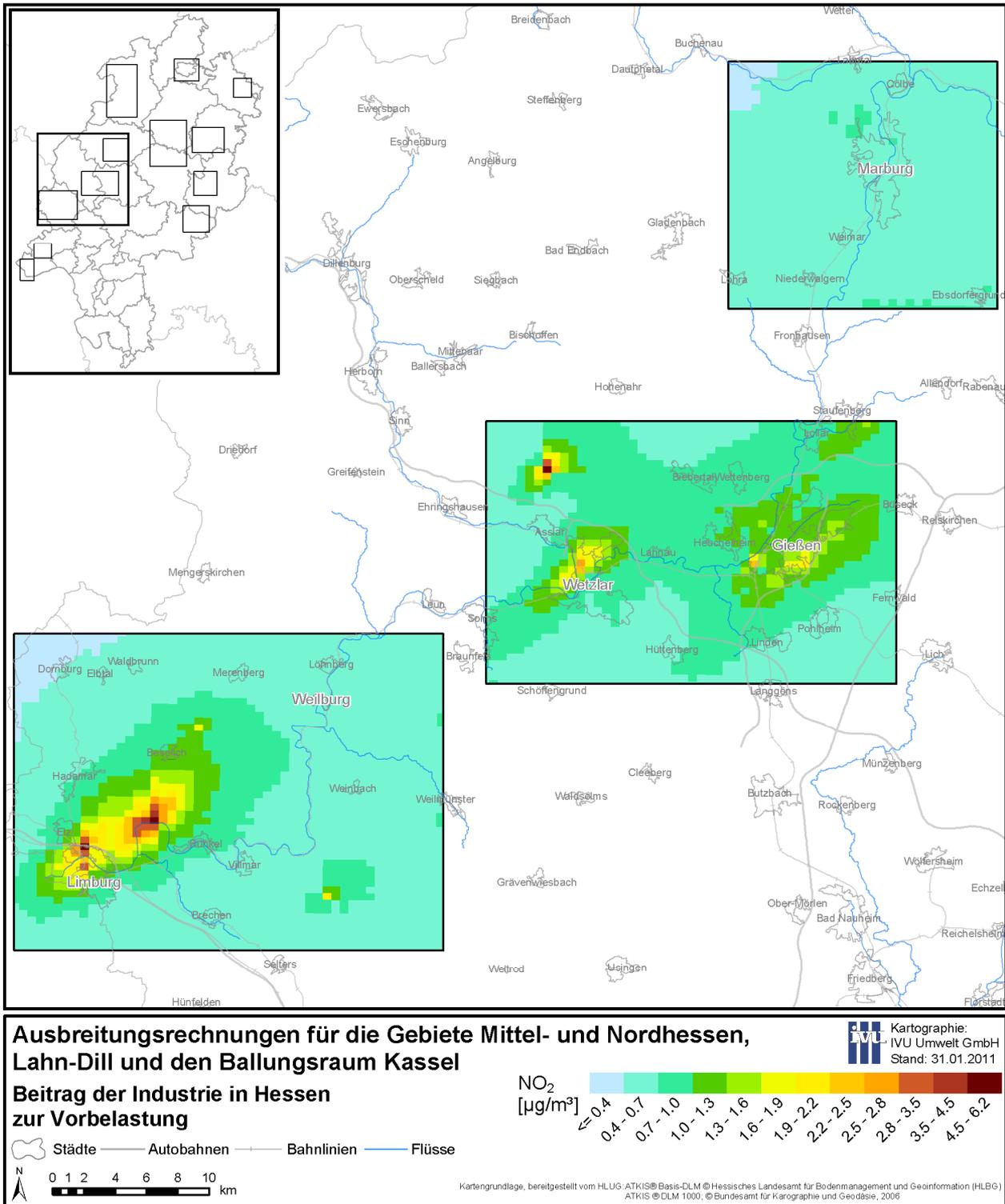
Entsprechend der punktuellen Verteilung der industriellen Emissionen sind die Beiträge dieser Emissionen zu den NO<sub>2</sub>-Immissionen der Basissimulation lokal sehr unterschiedlich. Beiträge über 5 µg/m<sup>3</sup> werden nur für je einen Industriestandort in Wetzlar und Limburg (Abbildung 6-28) berechnet. Ansonsten liegt der Beitrag der industriellen Emissionen zwischen 0.5 und 2.5 µg/m<sup>3</sup>. Die relativen Anteile dieser Verursacherguppe an den Gesamtmissionen bewegen sich in den meisten Gebieten zwischen 1 und 19 %. Lediglich in Limburg und Wetzlar werden lokal Beiträge über 25 % berechnet.



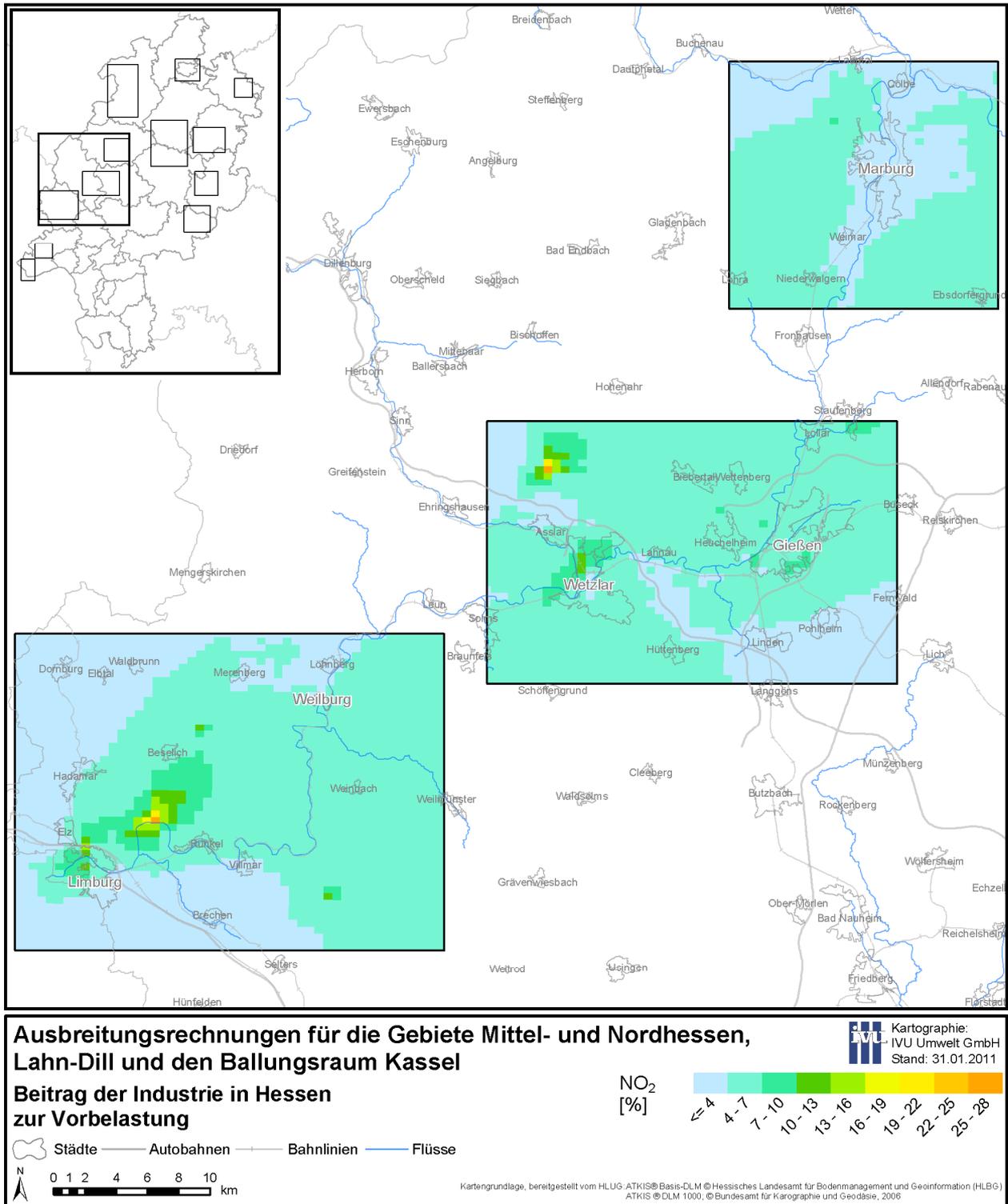
**Abbildung 6-26: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Industrie**



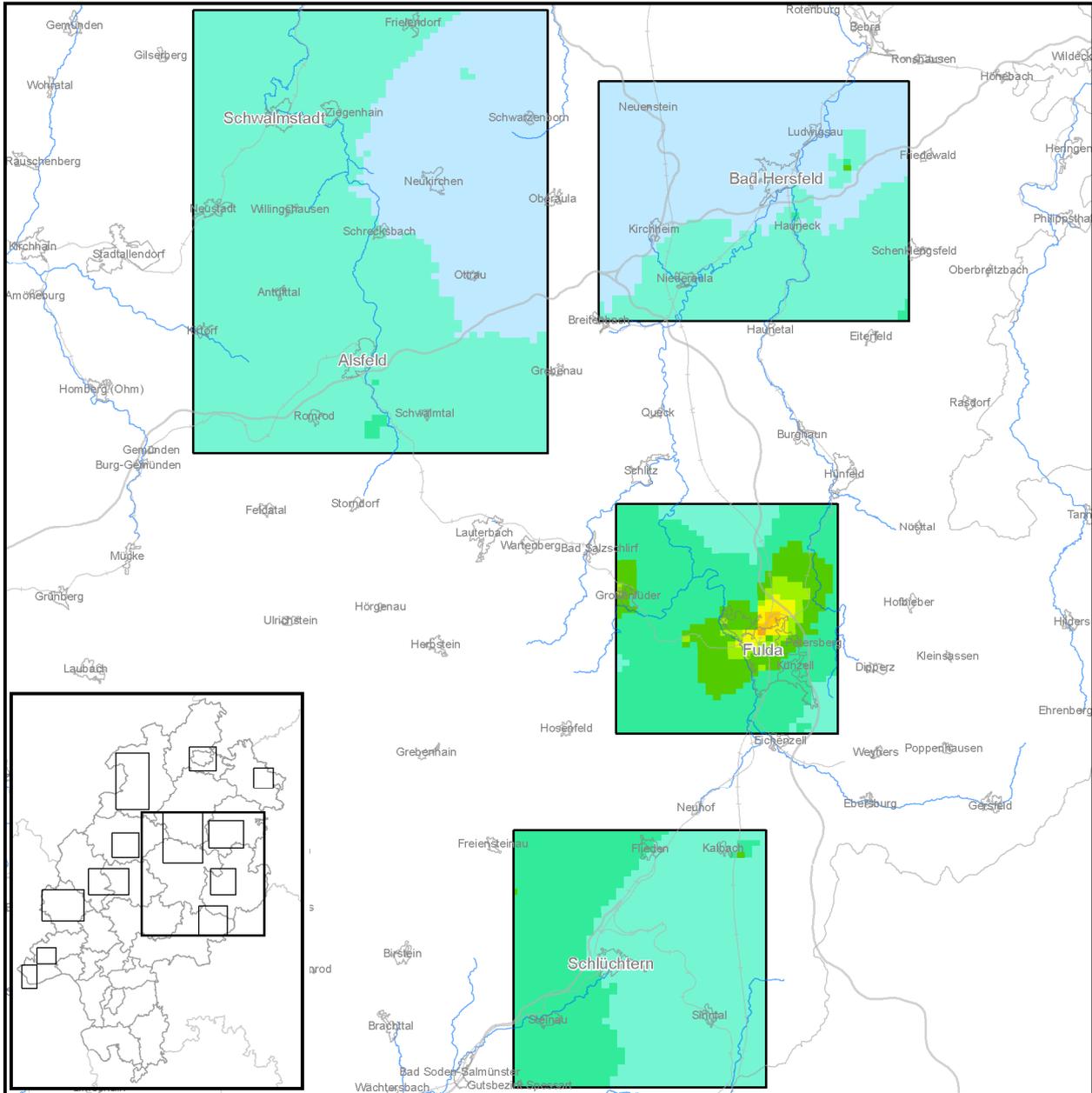
**Abbildung 6-27: Relativer Anteil der Industrie an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



**Abbildung 6-28: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Industrie**



**Abbildung 6-29: Relativer Anteil der Industrie an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

Städte — Autobahnen — Bahnlinien — Flüsse

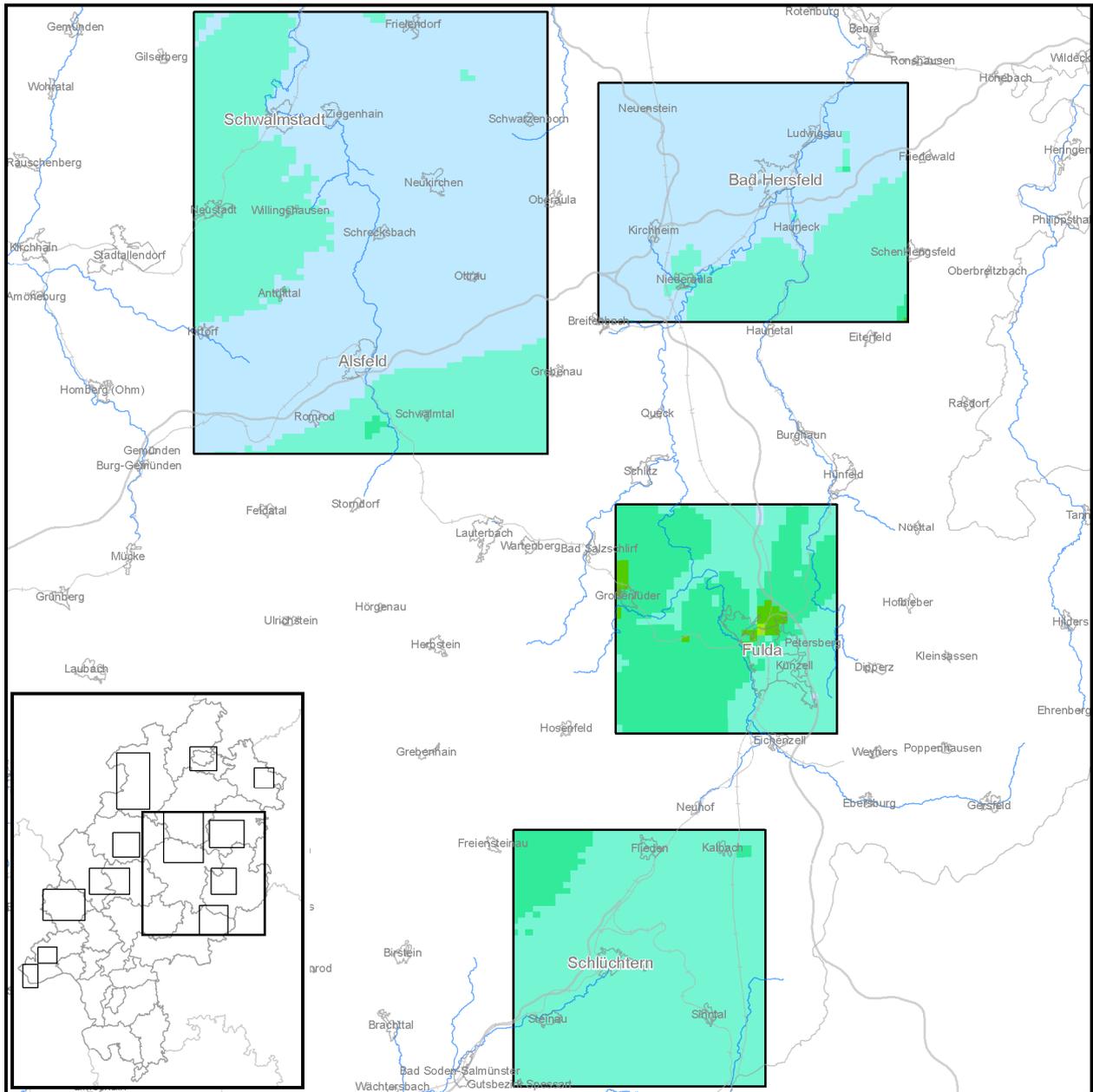
0 1 2 4 6 8 10 km

Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

**NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]**  
 ≤ 0.4 0.4 - 0.7 0.7 - 1.0 1.0 - 1.3 1.3 - 1.6 1.6 - 1.9 1.9 - 2.2 2.2 - 2.5 2.5 - 2.8

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLOG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-30: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Industrie**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

  Städte   
  Autobahnen   
  Bahnlinien   
  Flüsse

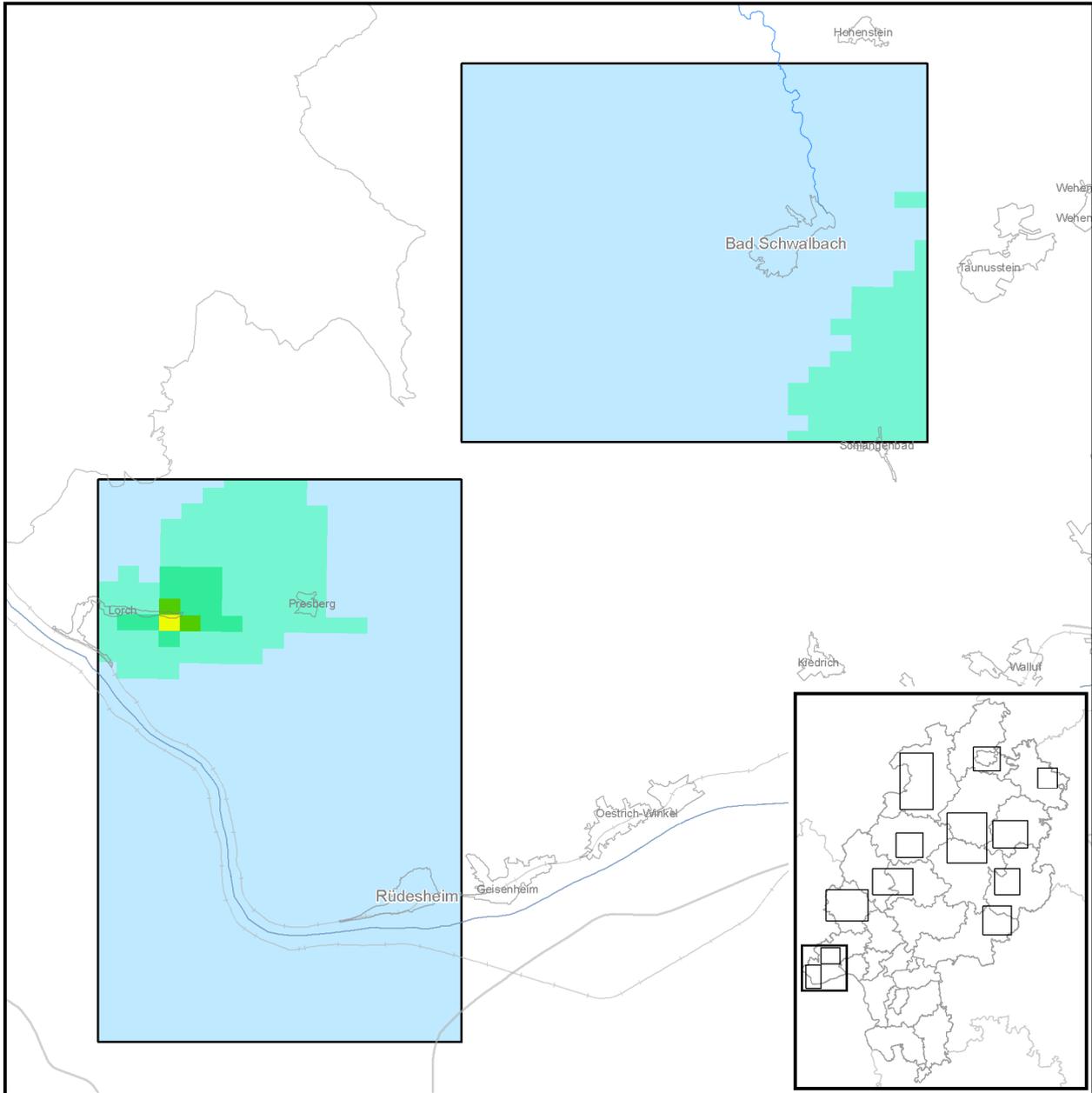
N  
 0 1 2 4 6 8 10 km

Kartographie: IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011

NO<sub>2</sub> [%]  
 ≤ 4    4-7    7-10    10-13    13-16    16-19    19-22    22-25    25-28

Kartogrundlage, bereitgestellt vom H.LUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

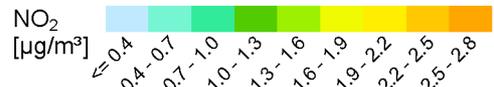
**Abbildung 6-31: Relativer Anteil der Industrie an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

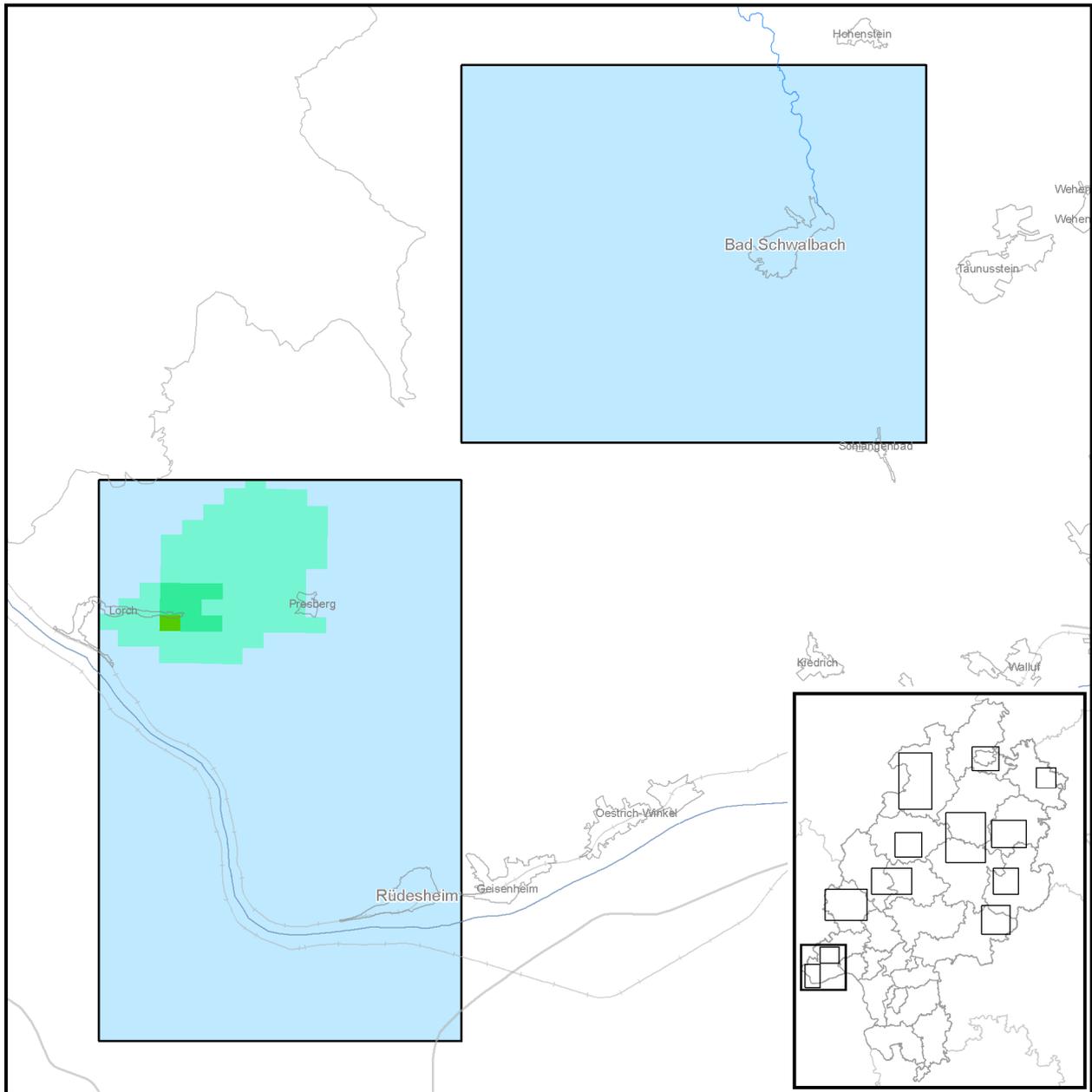


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG: ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

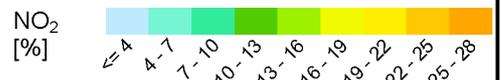
**Abbildung 6-32: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim verursacht durch Industrie**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011



Städte Autobahnen Bahnliesen Flüsse



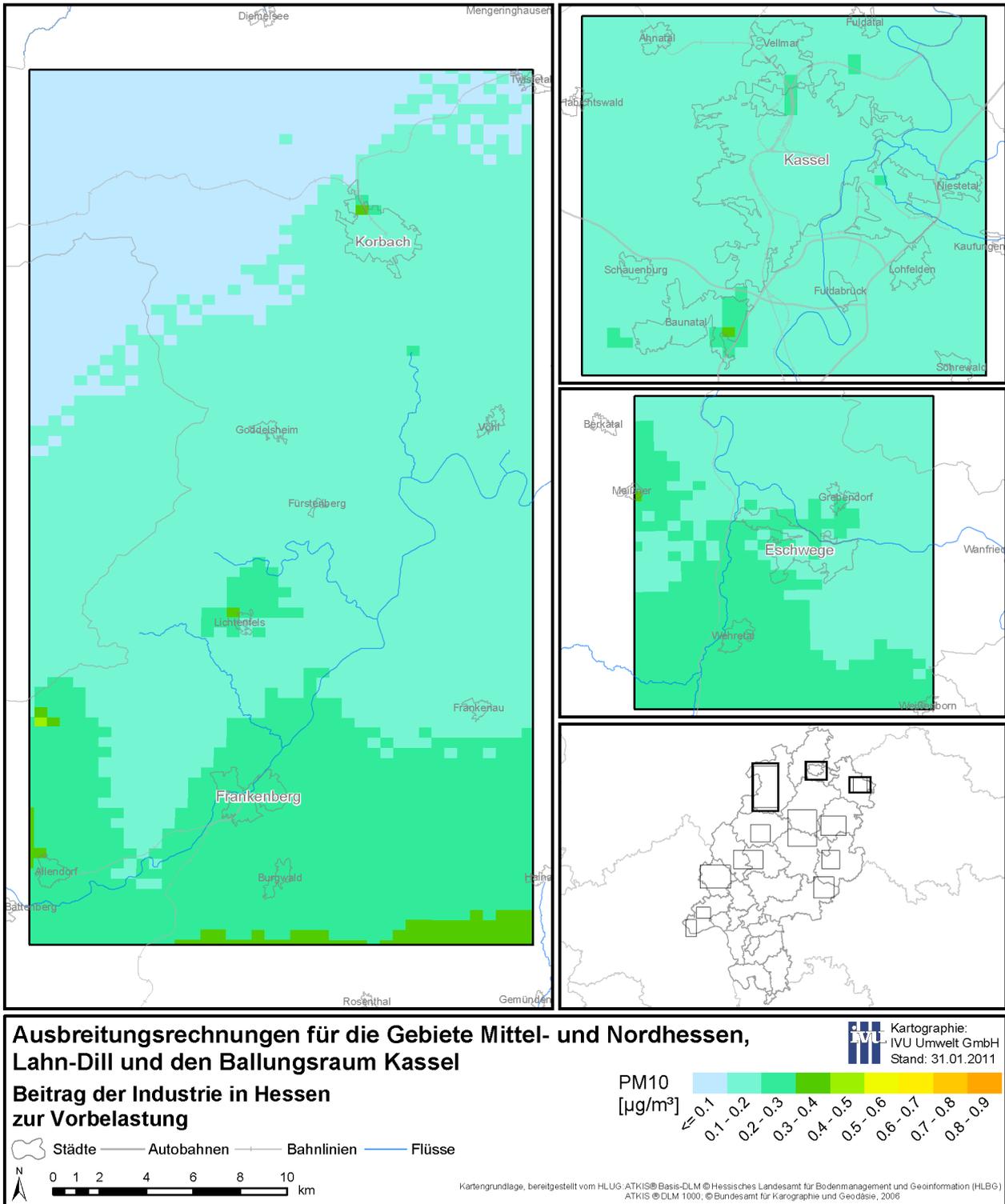
Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-33: Relativer Anteil der Industrie an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim**

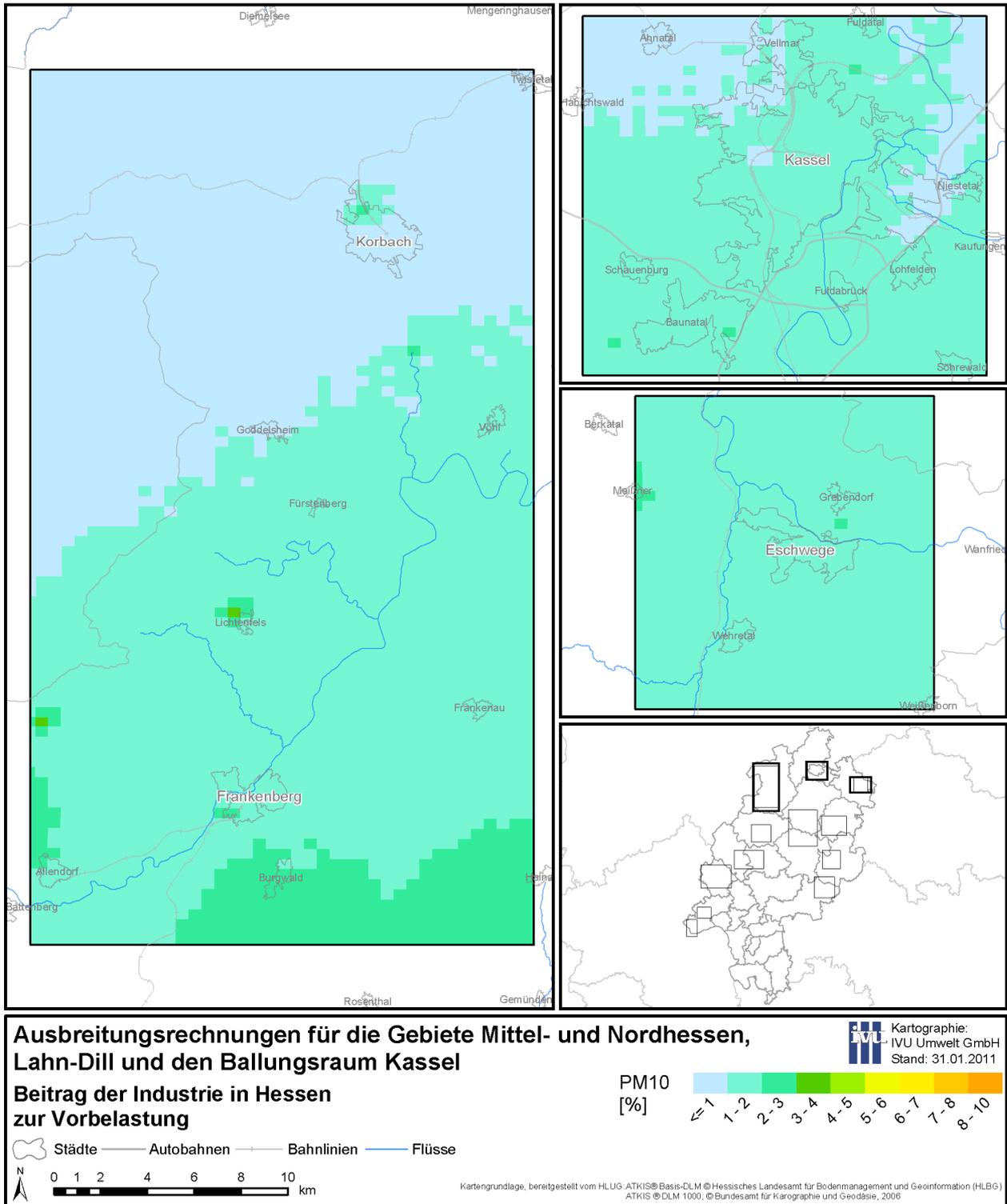


Abbildung 6-34 bis Abbildung 6-41 zeigen die flächenhafte Auswertung des Szenarios Industrie in Hessen für PM10.

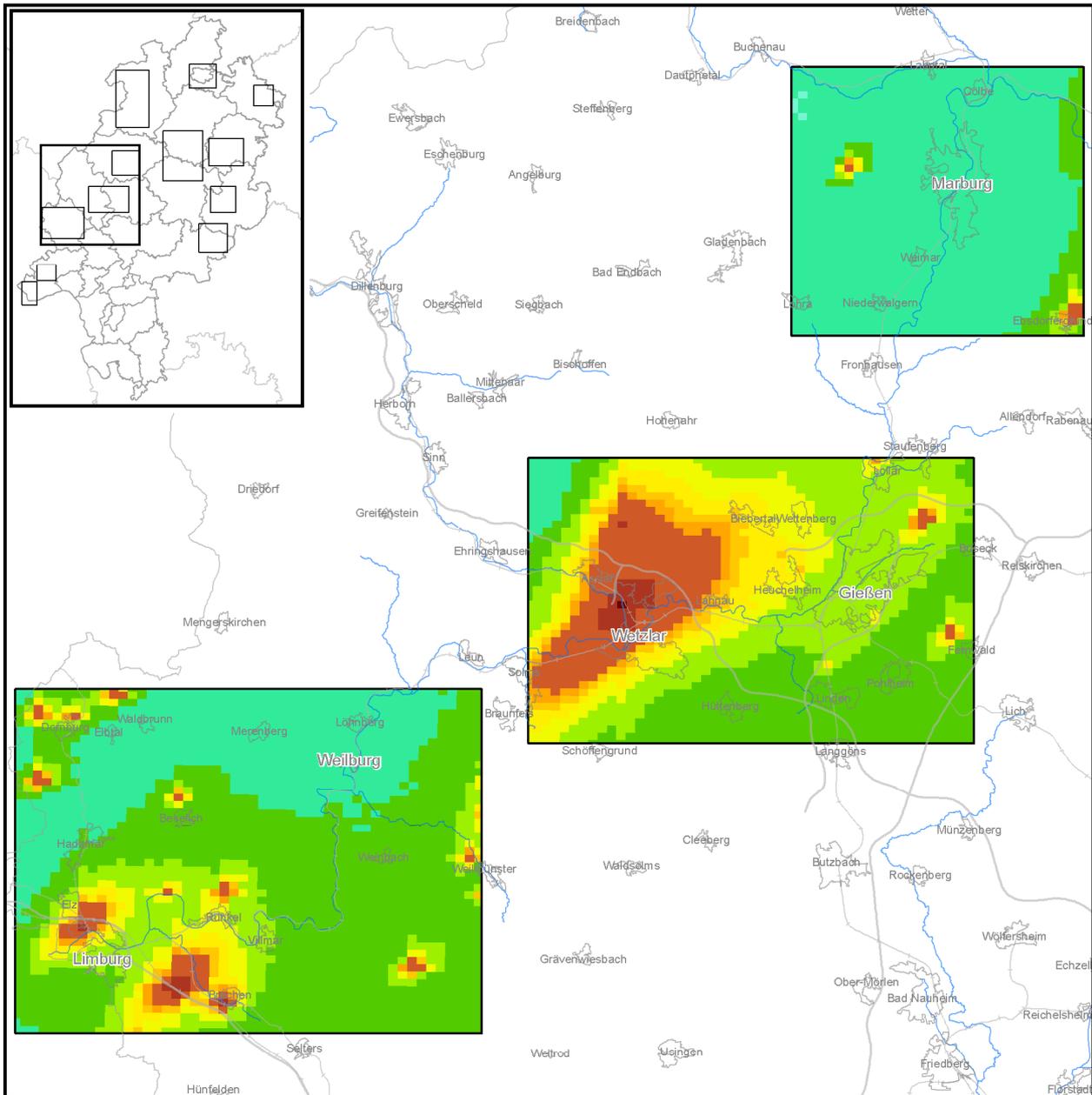
Wie beim NO<sub>2</sub> sind die Beiträge der industriellen Emissionen zu den PM10-Immissionen der Basissimulation lokal sehr unterschiedlich. Beiträge über 10 µg/m<sup>3</sup> werden nur für Industriestandorte in Limburg (12 µg/m<sup>3</sup>) und Wetzlar (25 µg/m<sup>3</sup>) berechnet (Abbildung 6-36). Ansonsten liegt der Beitrag der industriellen Emissionen zwischen 0.2 und 2.2 µg/m<sup>3</sup>. Die relativen Anteile dieser Verursachergruppe an den Gesamtmissionen bewegen sich in den meisten Gebieten zwischen 1 und 18 %. Lediglich in den Gemeinden Limburg und Wetzlar werden mit 46 bzw. 67 % lokal höhere Beiträge berechnet. Diese beiden Industriestandorte tragen damit deutlich mehr zur lokalen PM10-Belastung als zur lokalen NO<sub>2</sub>-Belastung bei.



**Abbildung 6-34: PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Industrie**



**Abbildung 6-35: Relativer Anteil der Industrie an der PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

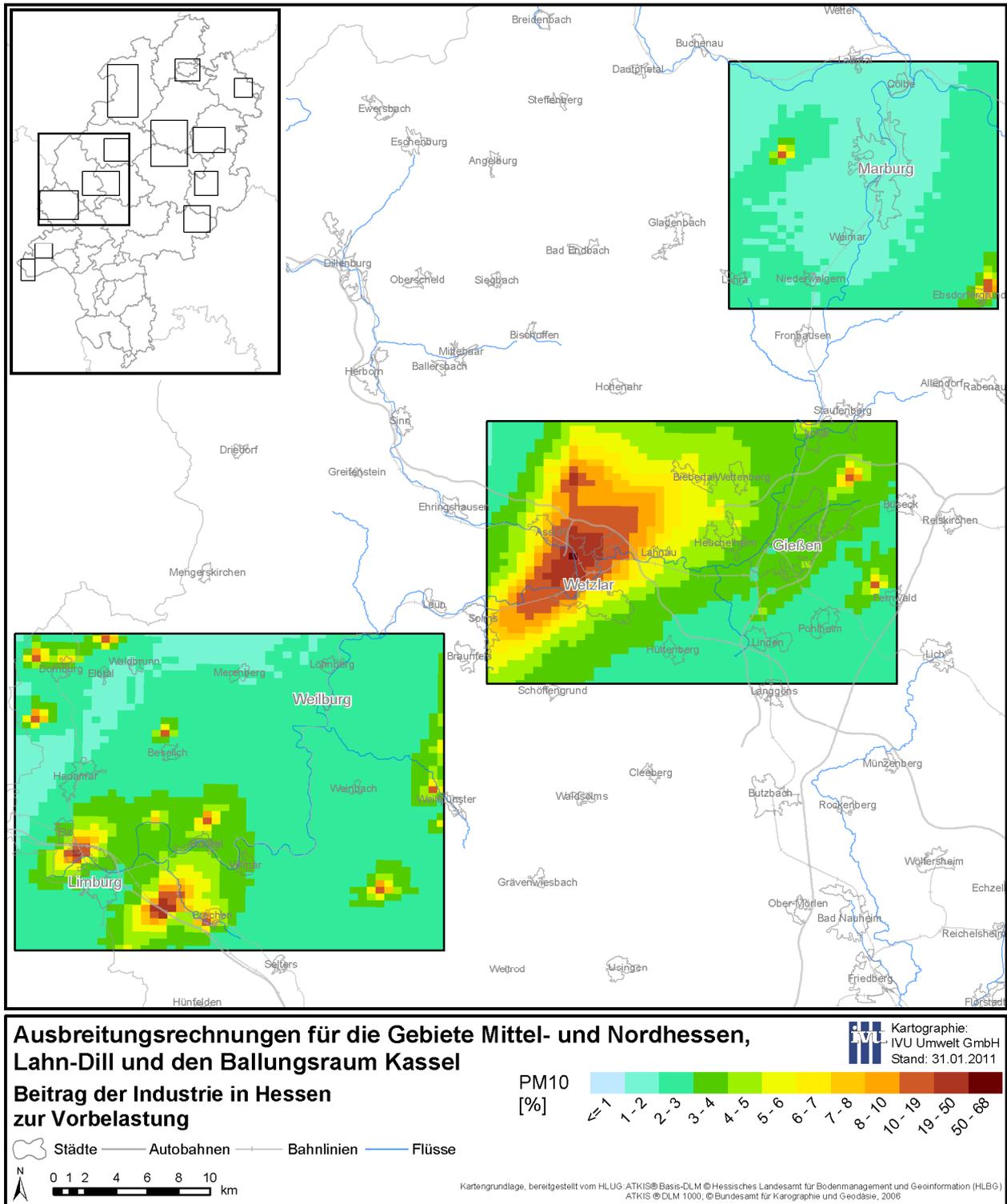
**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse

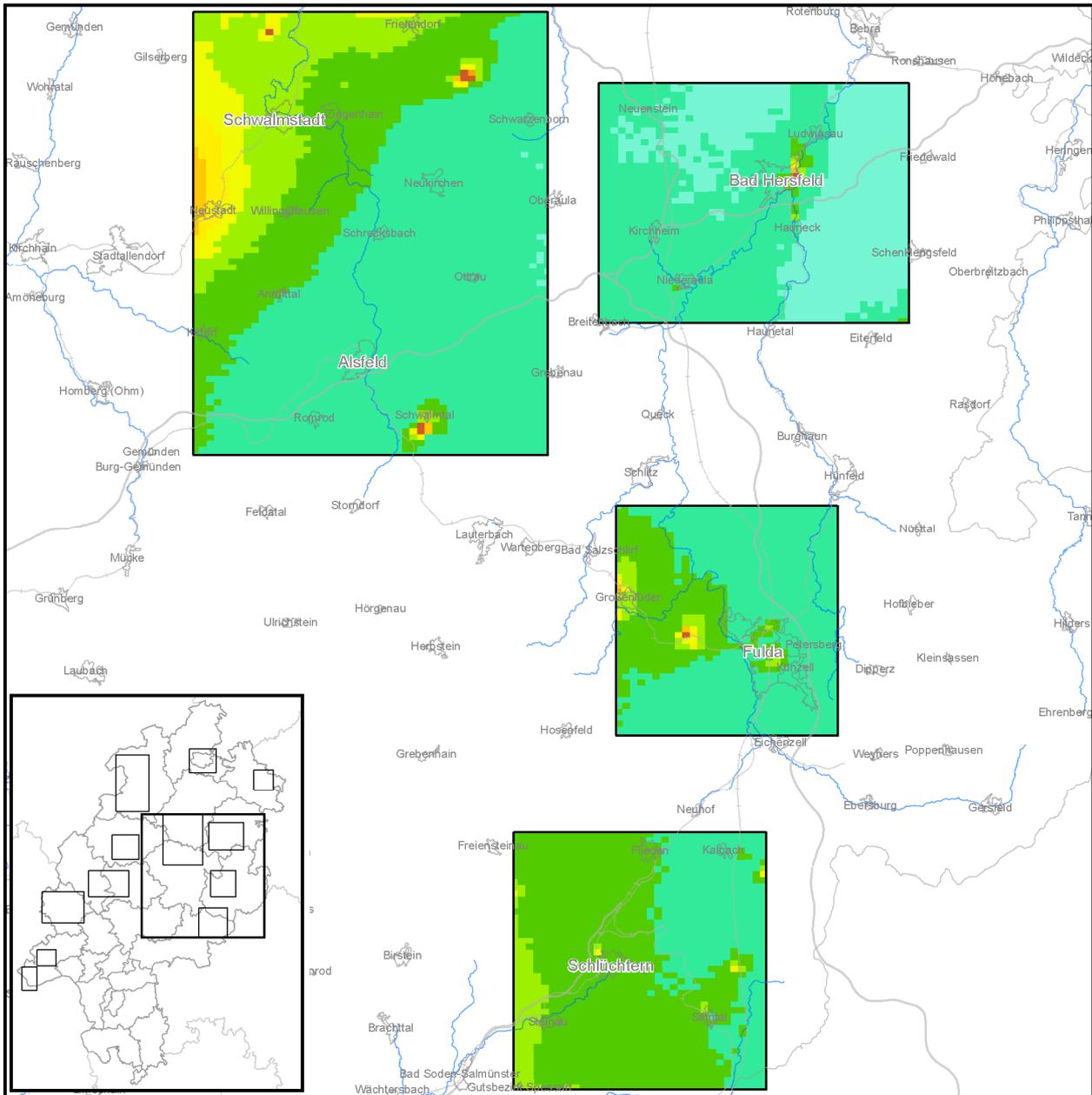
N  
 0 1 2 4 6 8 10 km

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-36: PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Industrie**



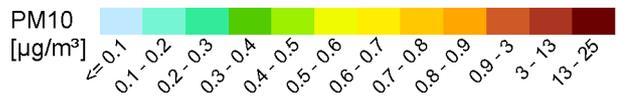
**Abbildung 6-37: Relativer Anteil der Industrie an der PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

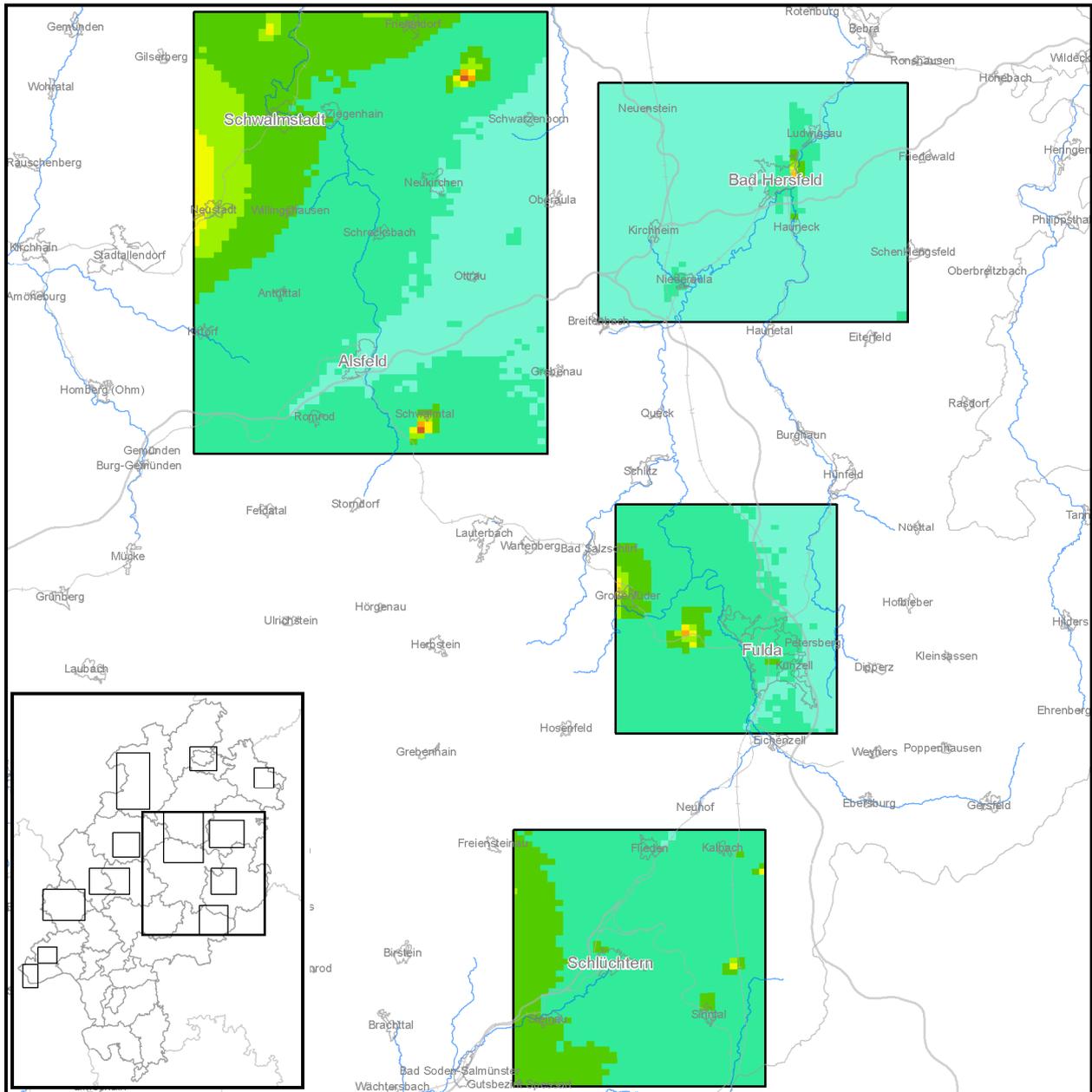


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-38: PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Industrie**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

Städte — Autobahnen — Bahnlinien — Flüsse

0 1 2 4 6 8 10 km

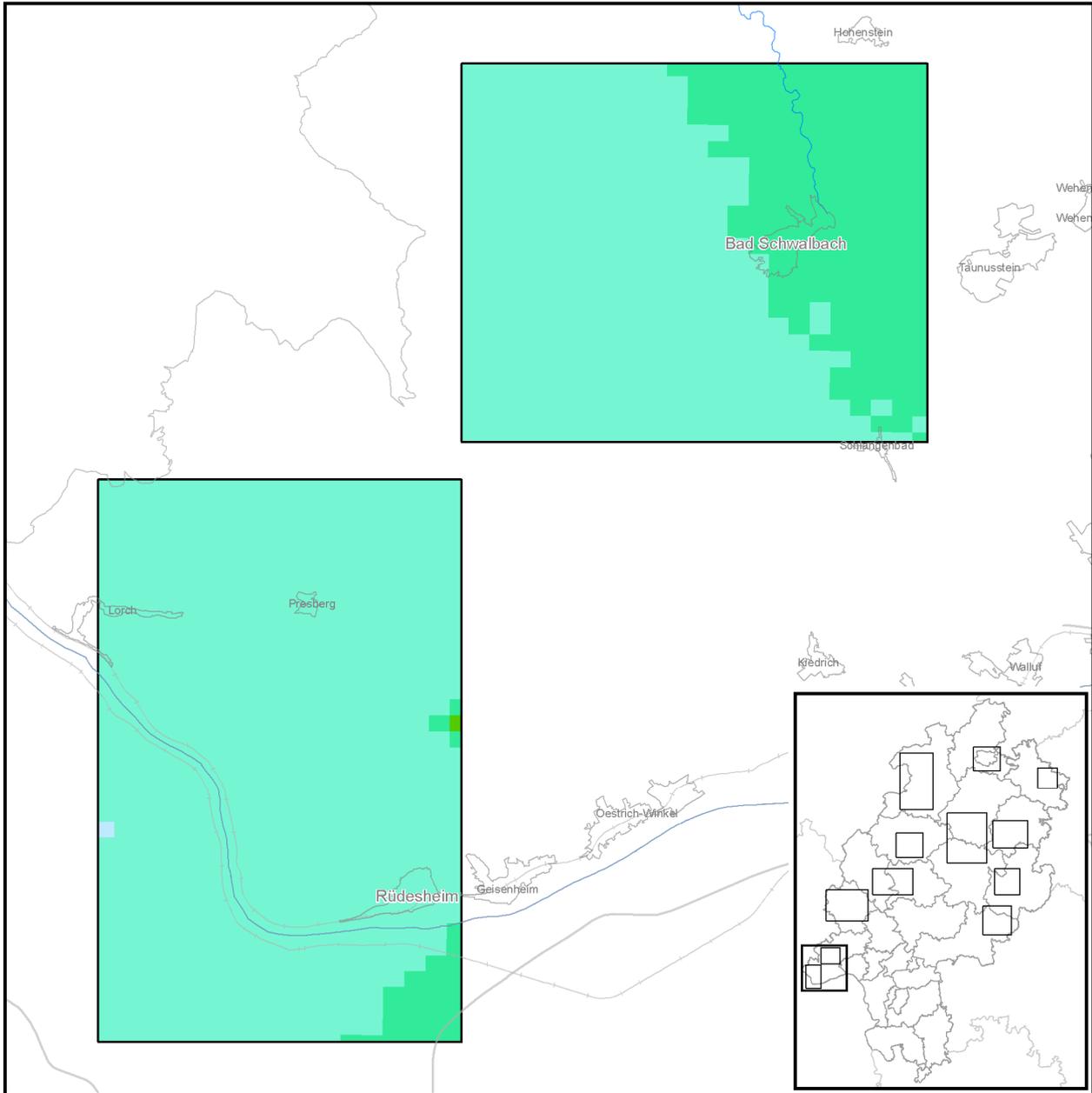
Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

PM10 [%]



Kartogrundlage, bereitgestellt vom H.LUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

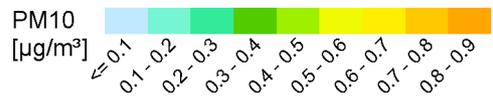
**Abbildung 6-39: Relativer Anteil der Industrie an der PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

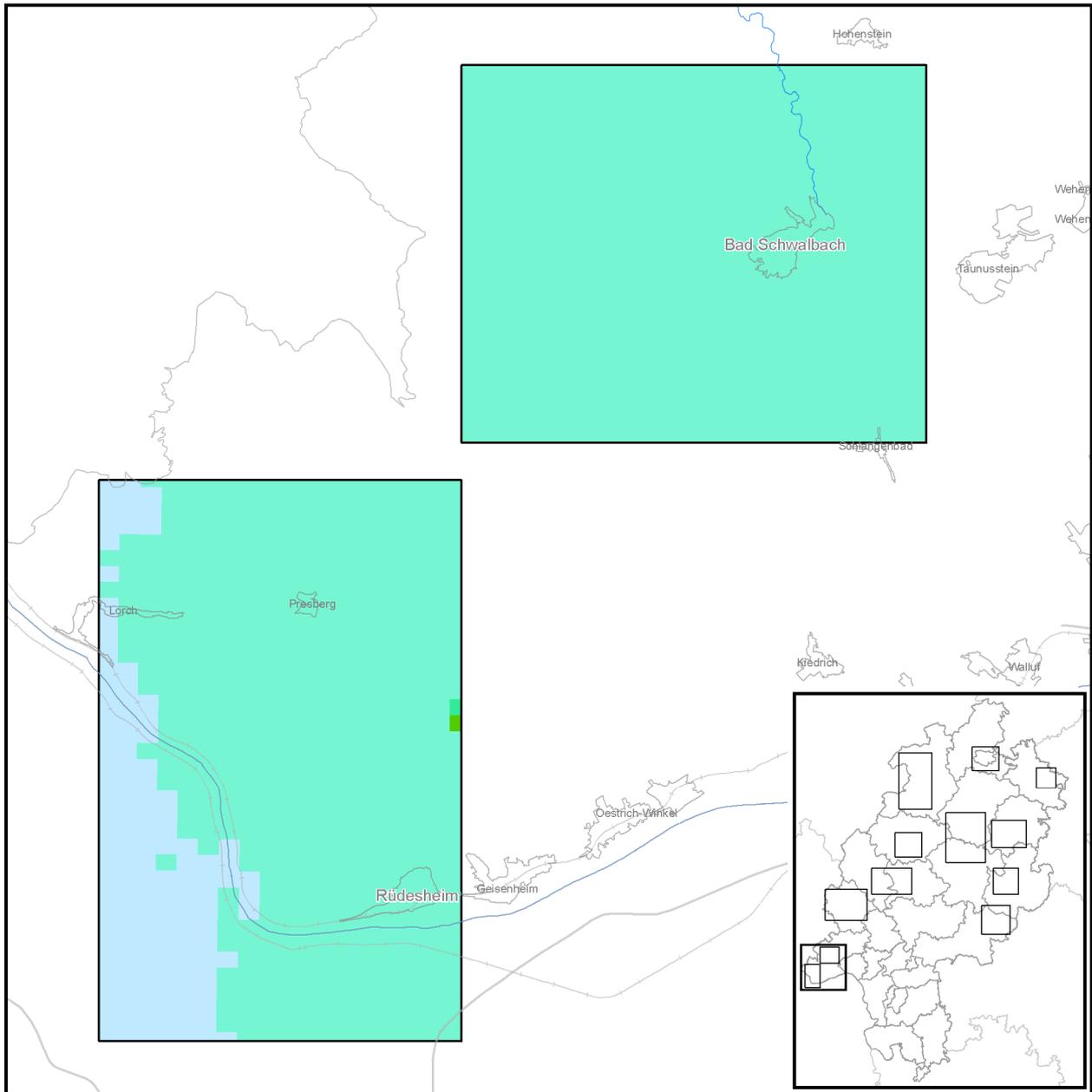


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLU: ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-40: PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshcim verursacht durch Industrie**



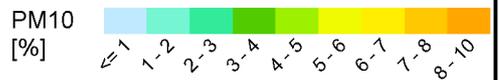
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Industrie in Hessen zur Vorbelastung**

Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlmnen   
 Flüsse



Kartographie:  
 IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011



Kartgrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG)  
 ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-41: Relativer Anteil der Industrie an der PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rudesheim**



### 6.3.4 Beiträge der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher

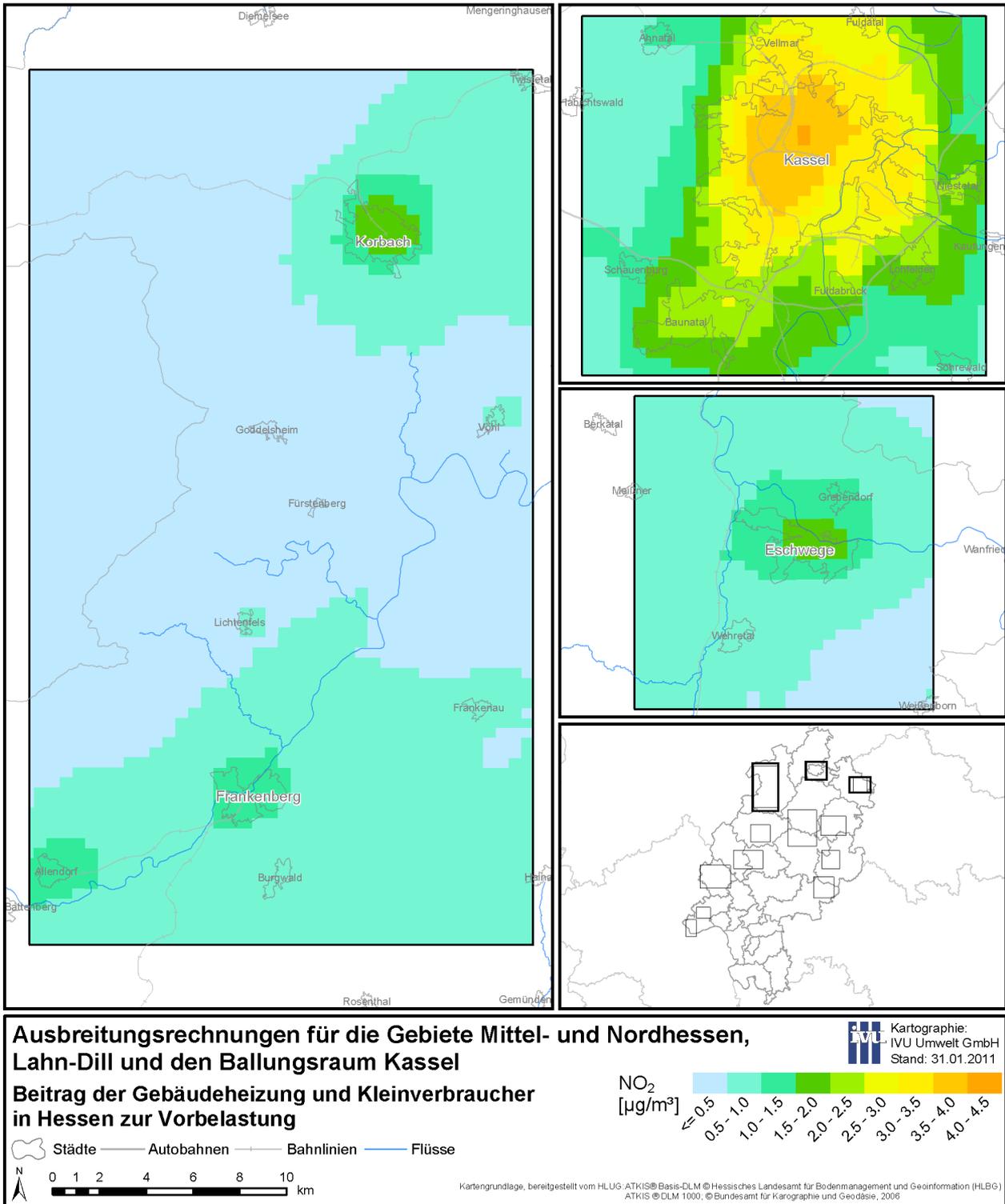
Eine Zusammenstellung der berechneten Bandbreiten für den Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher zur Vorbelastung zeigt Tabelle 6-5. Abbildung 6-42 bis Abbildung 6-49 zeigen die flächenhafte Auswertung dieses Szenarios für NO<sub>2</sub>. Zur Berechnung wurden alle Emissionen der Quellgruppe Gebäudeheizung und Kleinverbraucher auf dem Gebiet des Landes Hessen auf Null gesetzt.

**Tabelle 6-5: Szenario Gebäudeheizung und Kleinverbraucher: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung**

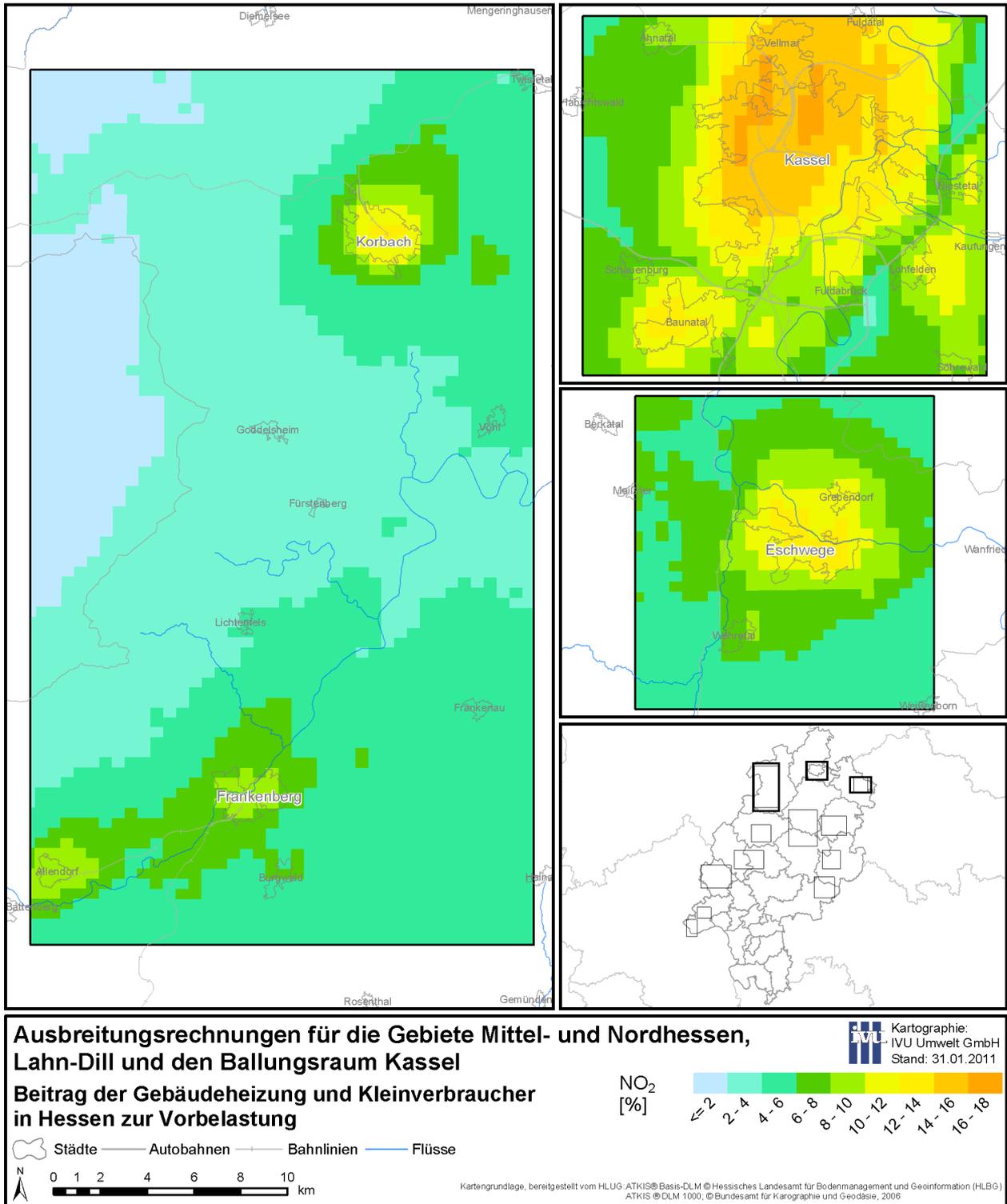
Teil- gebiet	Untersuchungs- gebiet	NO <sub>2</sub>				PM10			
		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Nord	Eschwege	0.4	1.7	4.2	13.9	0.2	0.4	1.5	3.6
	Kassel	0.7	4.0	3.6	16.7	0.2	0.9	1.6	6.3
	Korbach/Frankenberg	0.2	1.9	1.4	12.9	0.1	0.5	0.6	4.1
West	Limburg/Weilburg	0.4	1.7	1.3	10.7	0.1	0.5	1.1	4.0
	Marburg	0.7	3.0	5.8	16.8	0.2	0.7	1.9	5.5
	Wetzlar/Gießen	0.8	2.8	4.2	13.2	0.2	0.6	1.2	4.7
Ost	Bad Hersfeld	0.4	2.7	1.3	17.1	0.2	0.5	1.4	3.9
	Fulda	0.6	2.8	3.8	15.5	0.2	0.6	1.9	4.6
	Schlüchtern	0.4	1.7	3.6	12.0	0.2	0.7	1.9	5.3
	Schwalmstadt/Alsfeld	0.4	1.6	2.0	11.9	0.2	0.6	1.6	4.4
Süd	Bad Schwalbach	0.4	1.7	3.3	12.4	0.2	0.6	1.4	4.7
	Rüdesheim	0.2	1.3	1.3	7.6	0.1	0.6	0.9	4.1

Gemäß der Verteilung der Emissionen dieser Verursacherguppe konzentrieren sich die Beiträge auf die dichter besiedelten Gebiete der einzelnen Untersuchungsgebiete. Die Beiträge zur NO<sub>2</sub>-Vorbelastung liegen in den meisten Gebieten zwischen 0.2 und 3 µg/m<sup>3</sup>. Lediglich in Kassel werden mit 4 µg/m<sup>3</sup> höhere Werte berechnet.

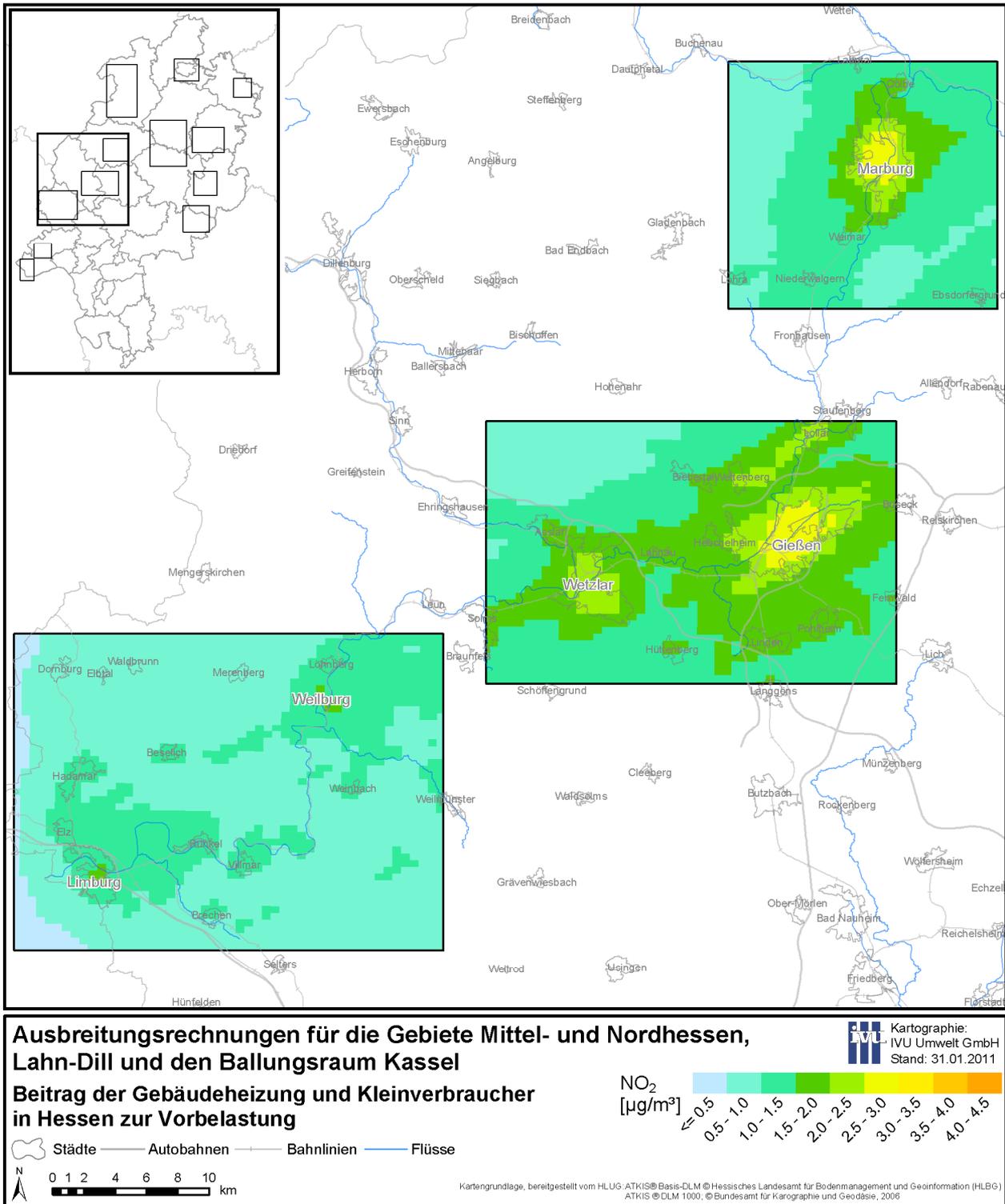
Die größten relativen Beiträge von 10 bis 17 % werden in den Stadtgebieten berechnet.



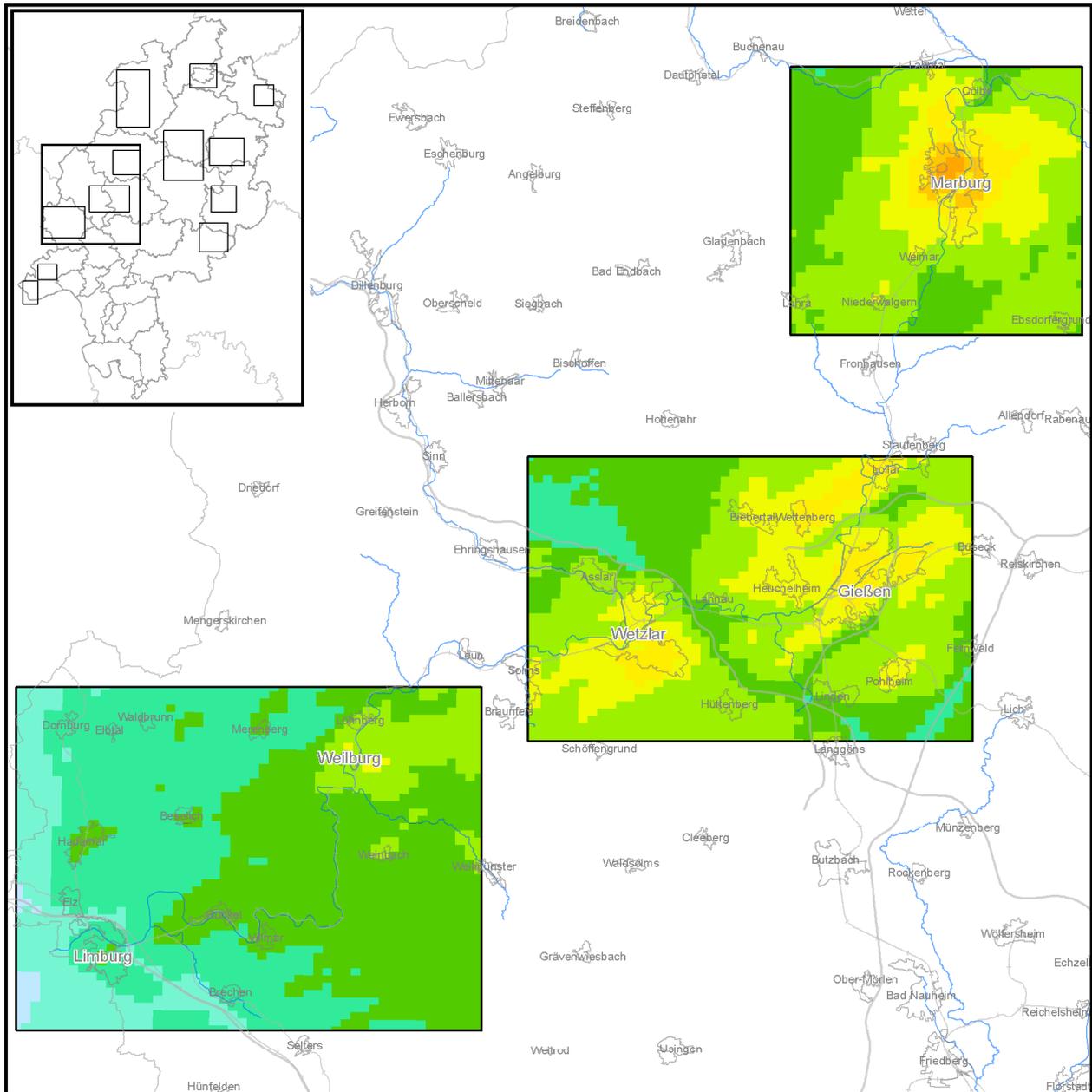
**Abbildung 6-42: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher**



**Abbildung 6-43: Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



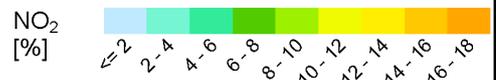
**Abbildung 6-44: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

**IVU** Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

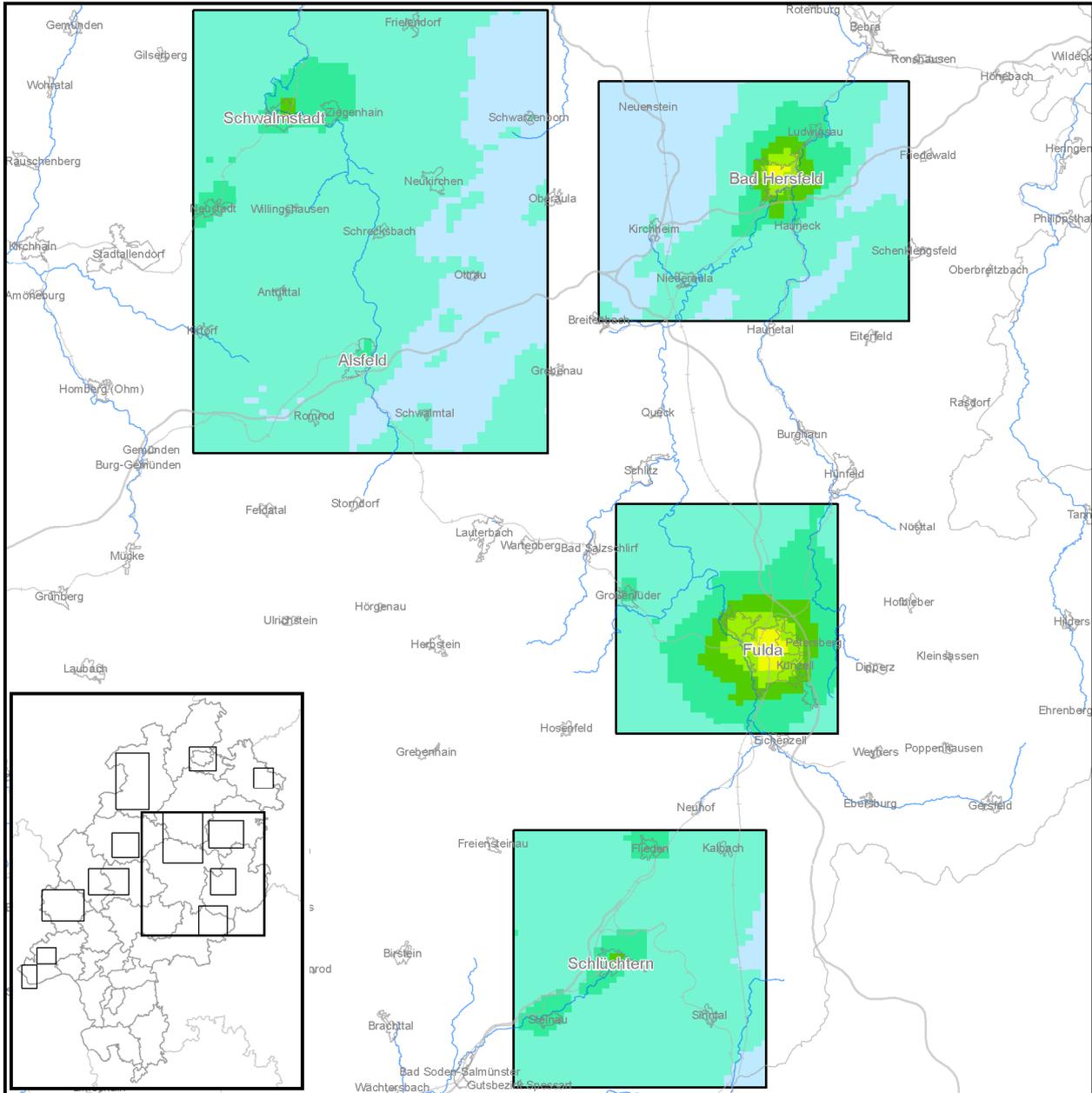


Städte — Autobahnen — Bahnlinien — Flüsse



Kartogrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-45: Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

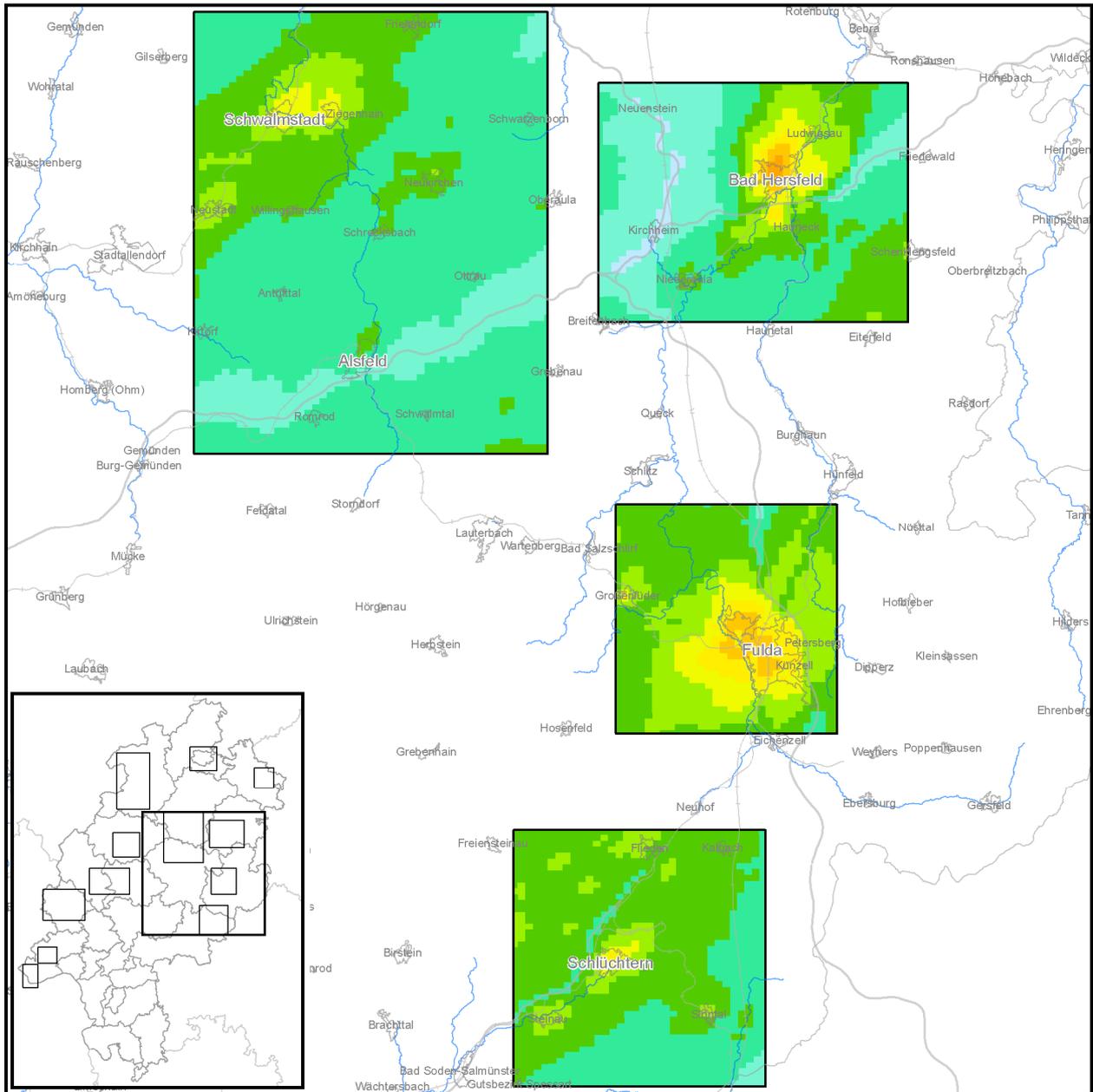
Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

**NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]**

≤ 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.5	3.5 - 4.0	4.0 - 4.5
-------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLOG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-46: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher**



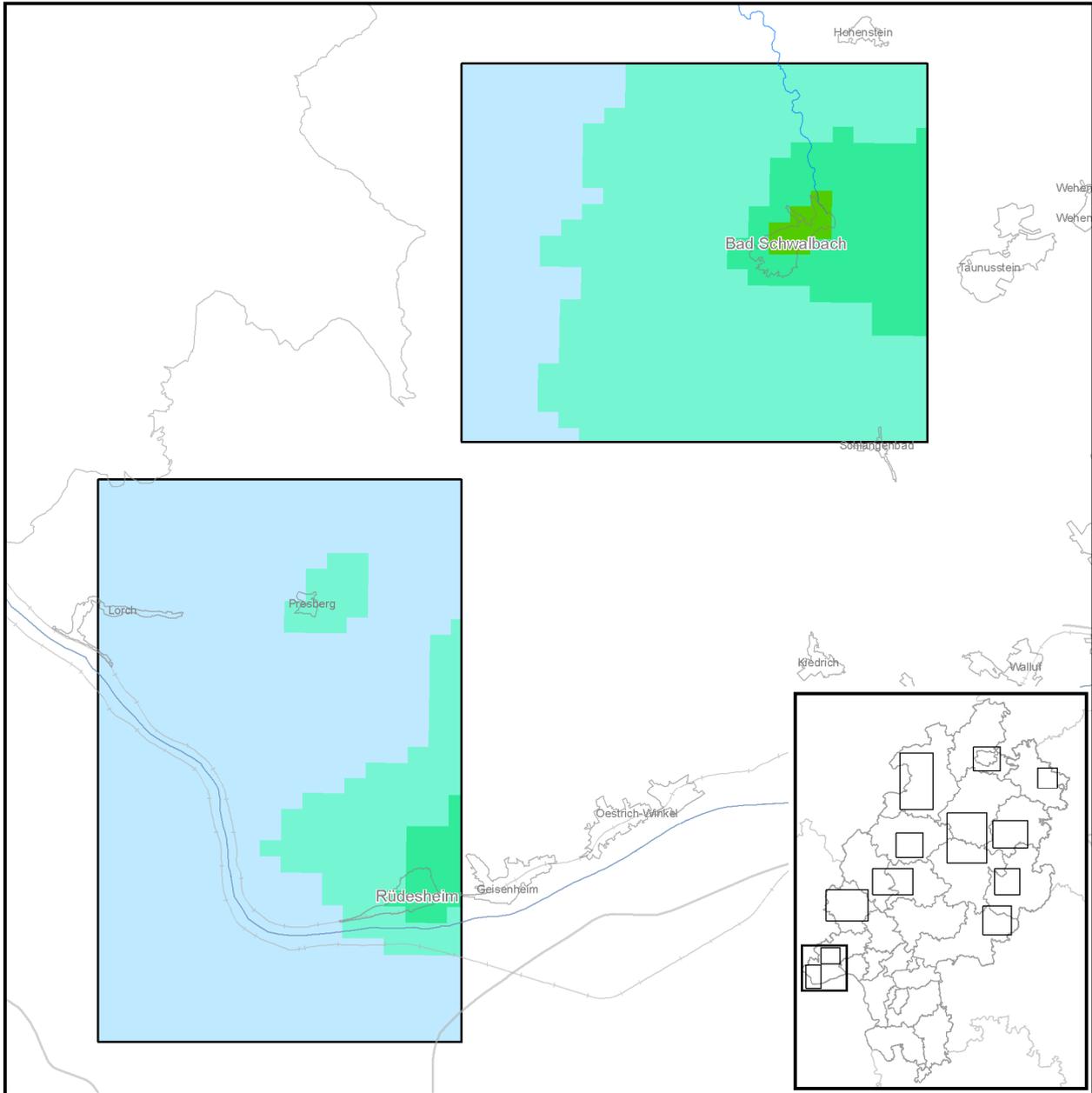
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

Kartgrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-47: Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]

≤ 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.5	3.5 - 4.0	4.0 - 4.5
-------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

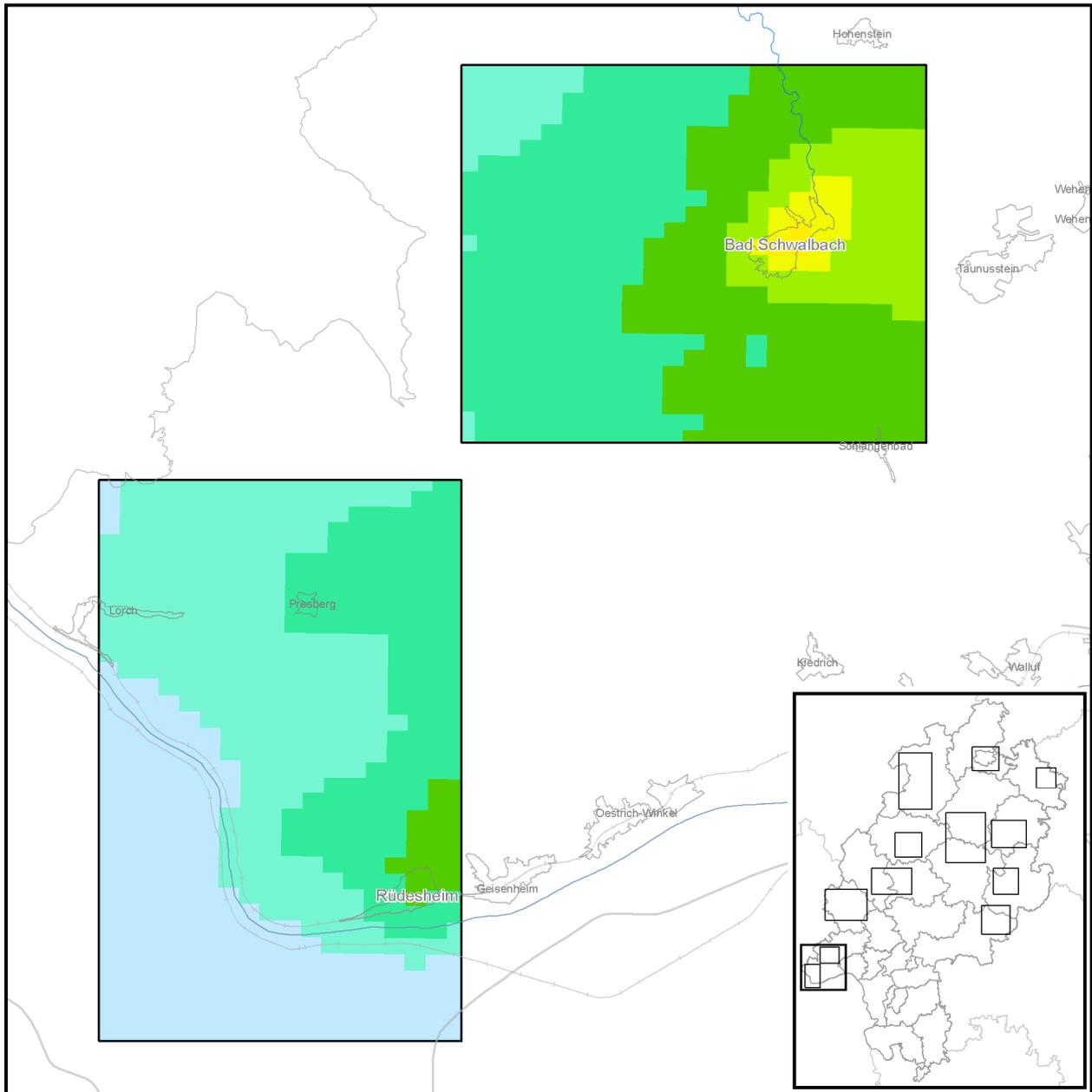
Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011

Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse

0 0.5 1 2 3 4 5 km

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLU: ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

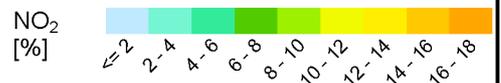
**Abbildung 6-48: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

**ivU** Kartographie:  
 ivU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011



Städte — Autobahnen — Bahnliesen — Flüsse



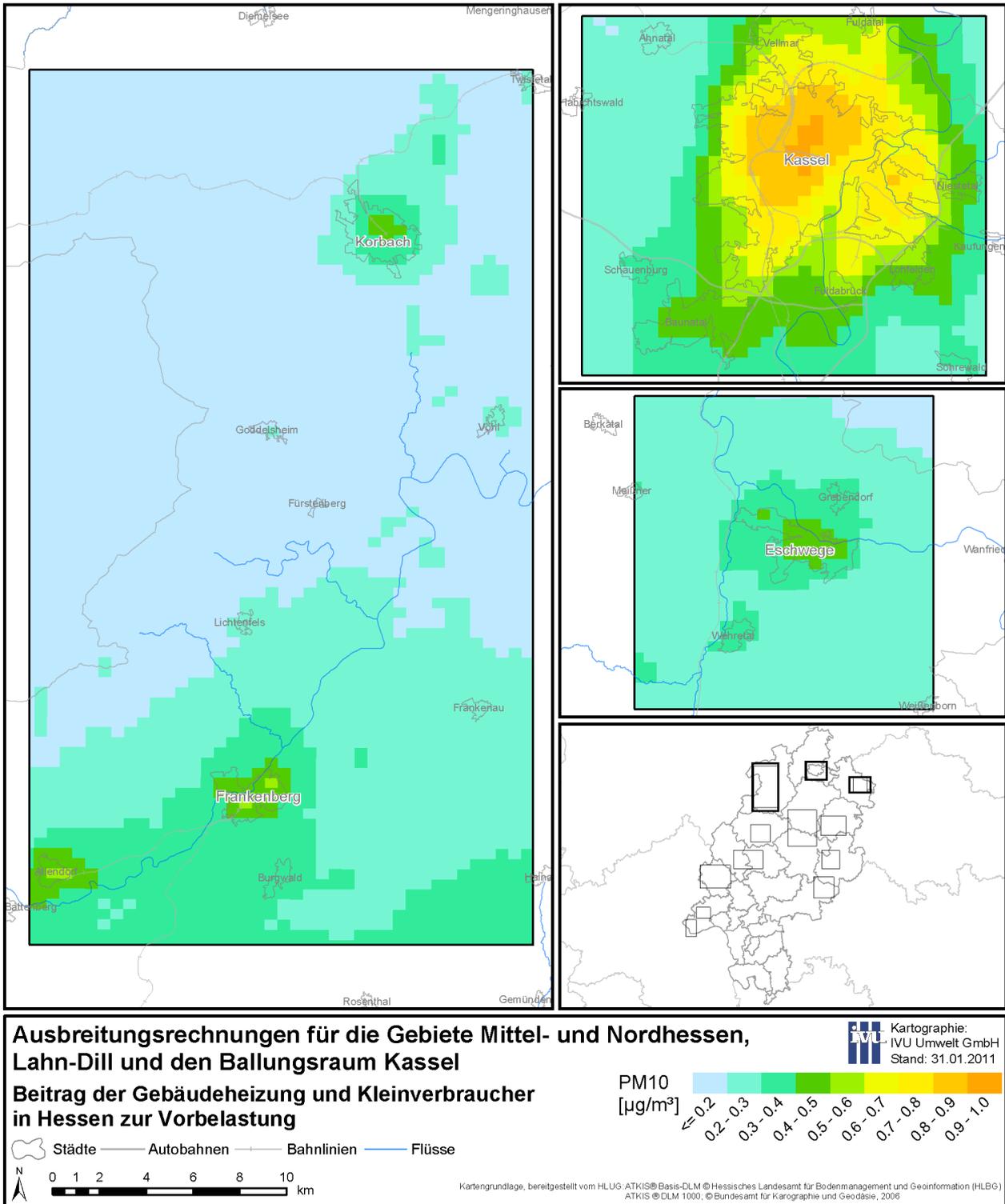
Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-49: Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim**

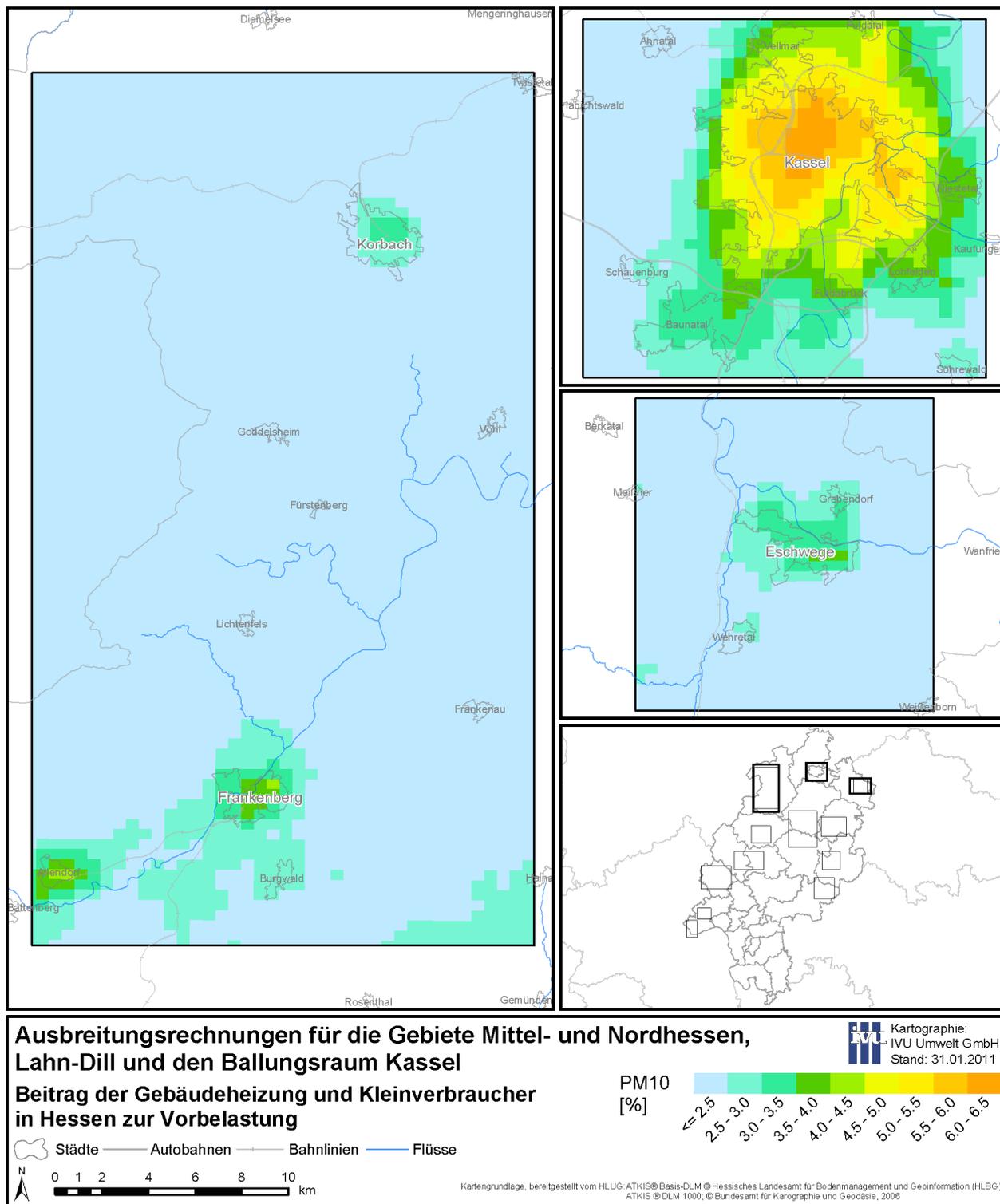


Abbildung 6-50 bis Abbildung 6-57 zeigen die flächenhafte Auswertung des Szenarios Gebäudeheizung und Kleinverbraucher für die PM<sub>10</sub>-Vorbelastung. Wie bei der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung konzentrieren sich die Beiträge dieser Verursachergruppe auf die dichter besiedelten Gebiete der einzelnen Untersuchungsgebiete und es werden Beiträge zur PM<sub>10</sub>-Vorbelastung zwischen 0.1 und 0.9 µg/m<sup>3</sup> berechnet.

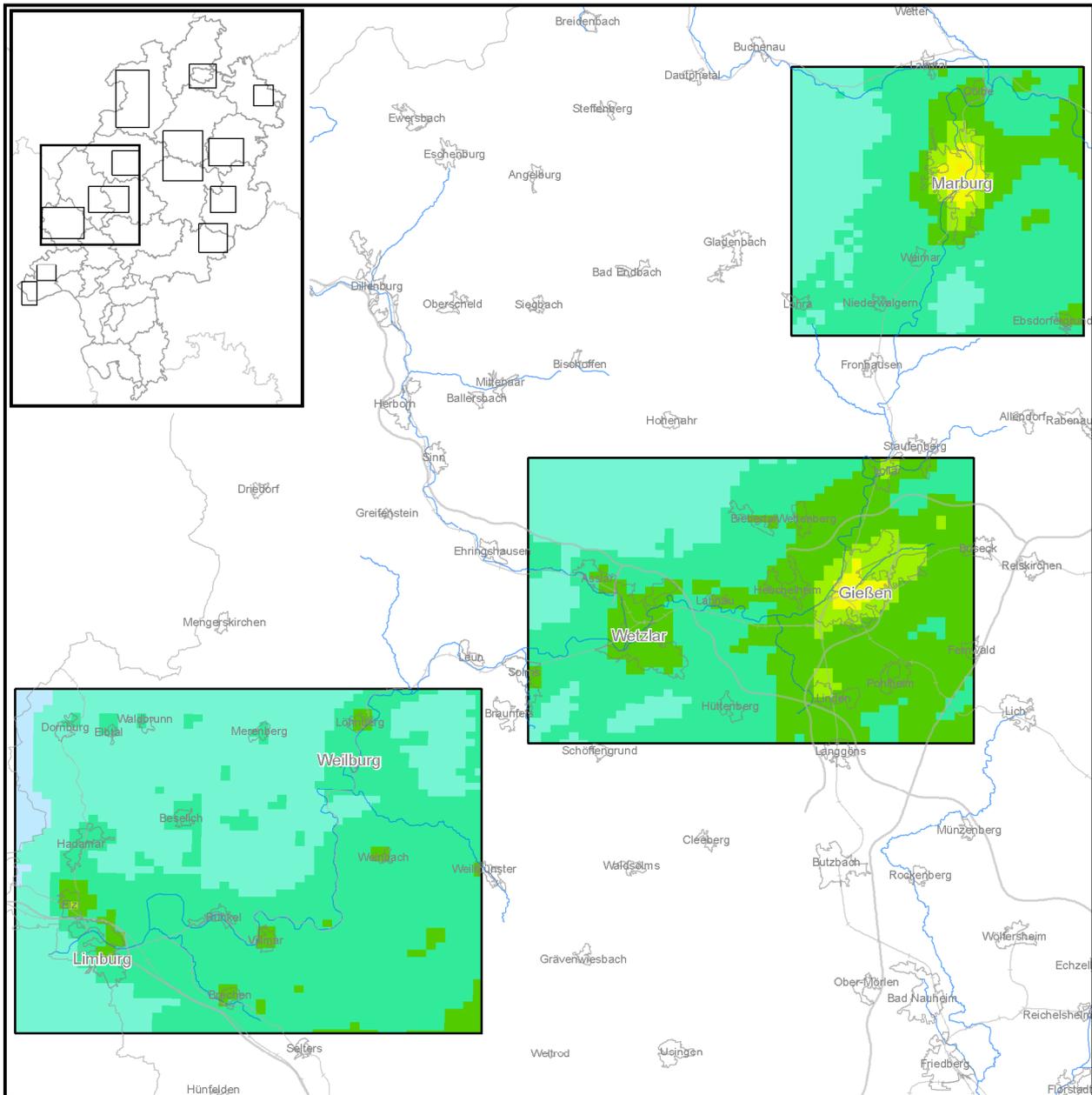
Die größten relativen Beiträge von 3 bis 6 % werden in den Stadtgebieten berechnet. Die Verursachergruppe Gebäudeheizung und Kleinverbraucher hat damit an den PM<sub>10</sub>-Vorbelastungen einen deutlich geringeren Anteil als an den NO<sub>2</sub>-Vorbelastungen.



**Abbildung 6-50: PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher**



**Abbildung 6-51: Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

≤ 0.2	0.2 - 0.3	0.3 - 0.4	0.4 - 0.5	0.5 - 0.6	0.6 - 0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 0.9	0.9 - 1.0
-------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

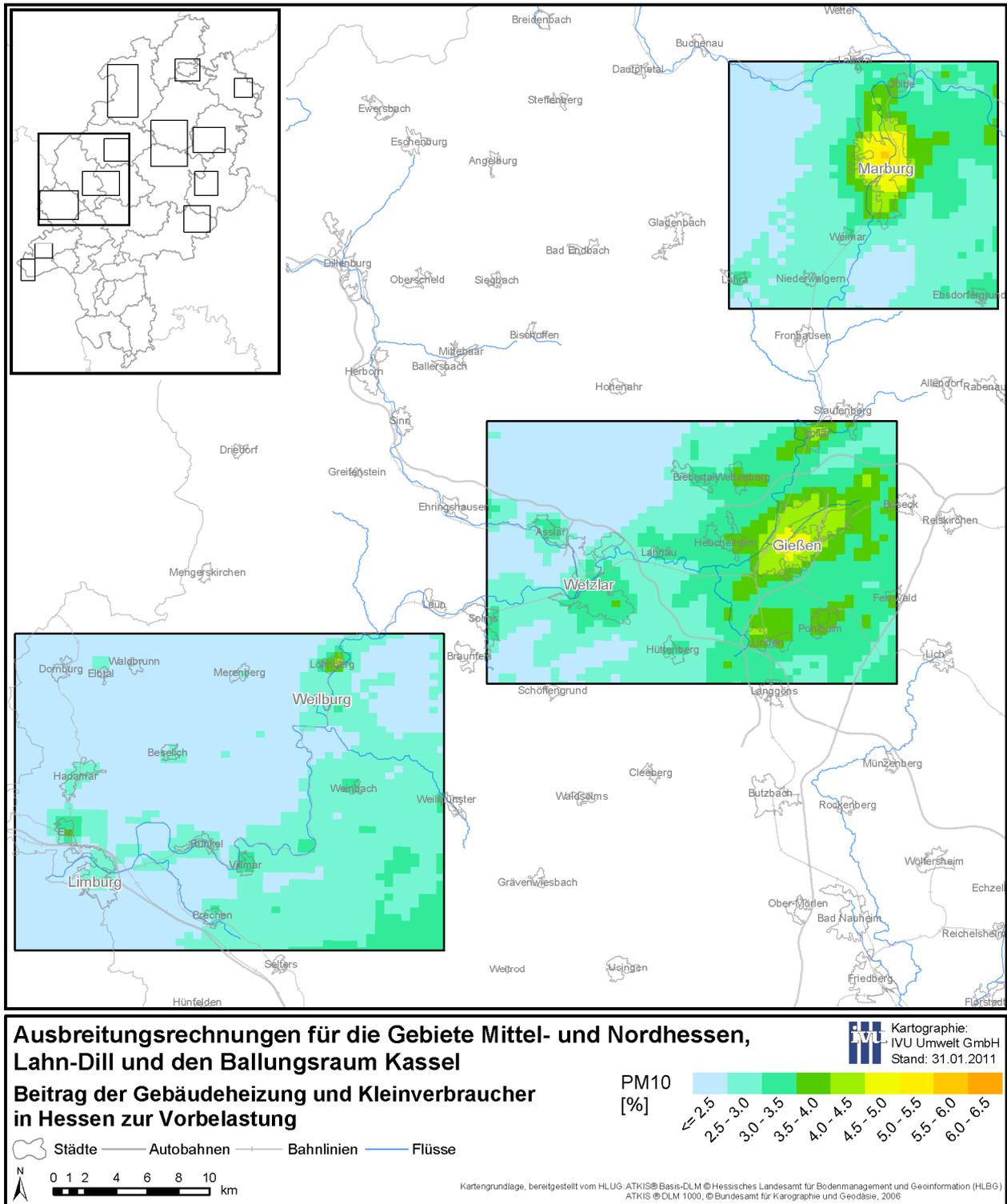
Kartographie: IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011

Städte — Autobahnen — Bahnlinien — Flüsse

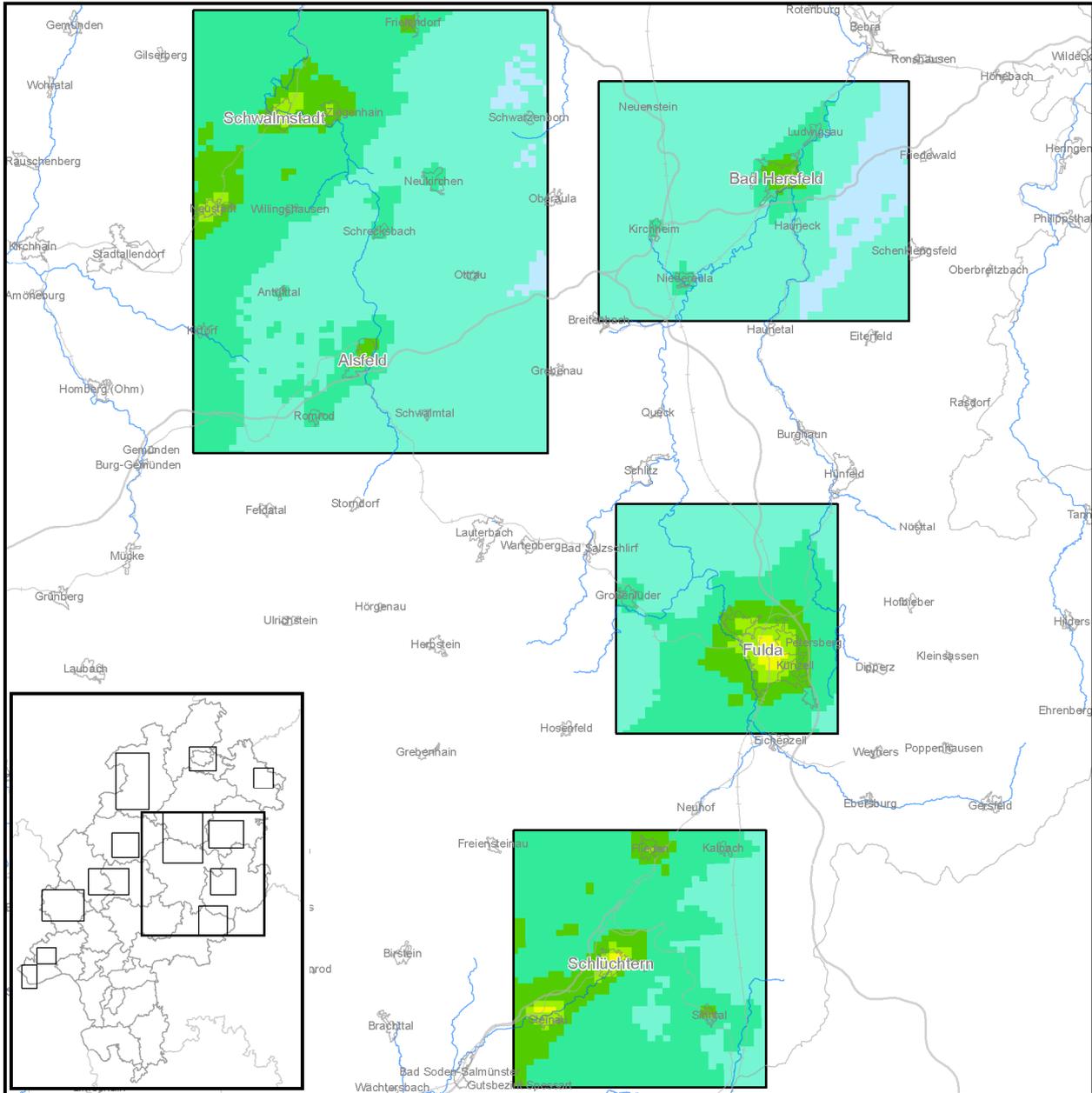
0 1 2 4 6 8 10 km

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLU: ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-52: PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weillburg und Wetzlar verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher**



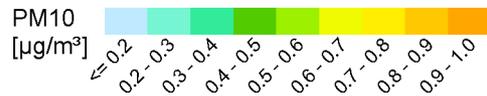
**Abbildung 6-53: Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



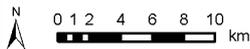
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

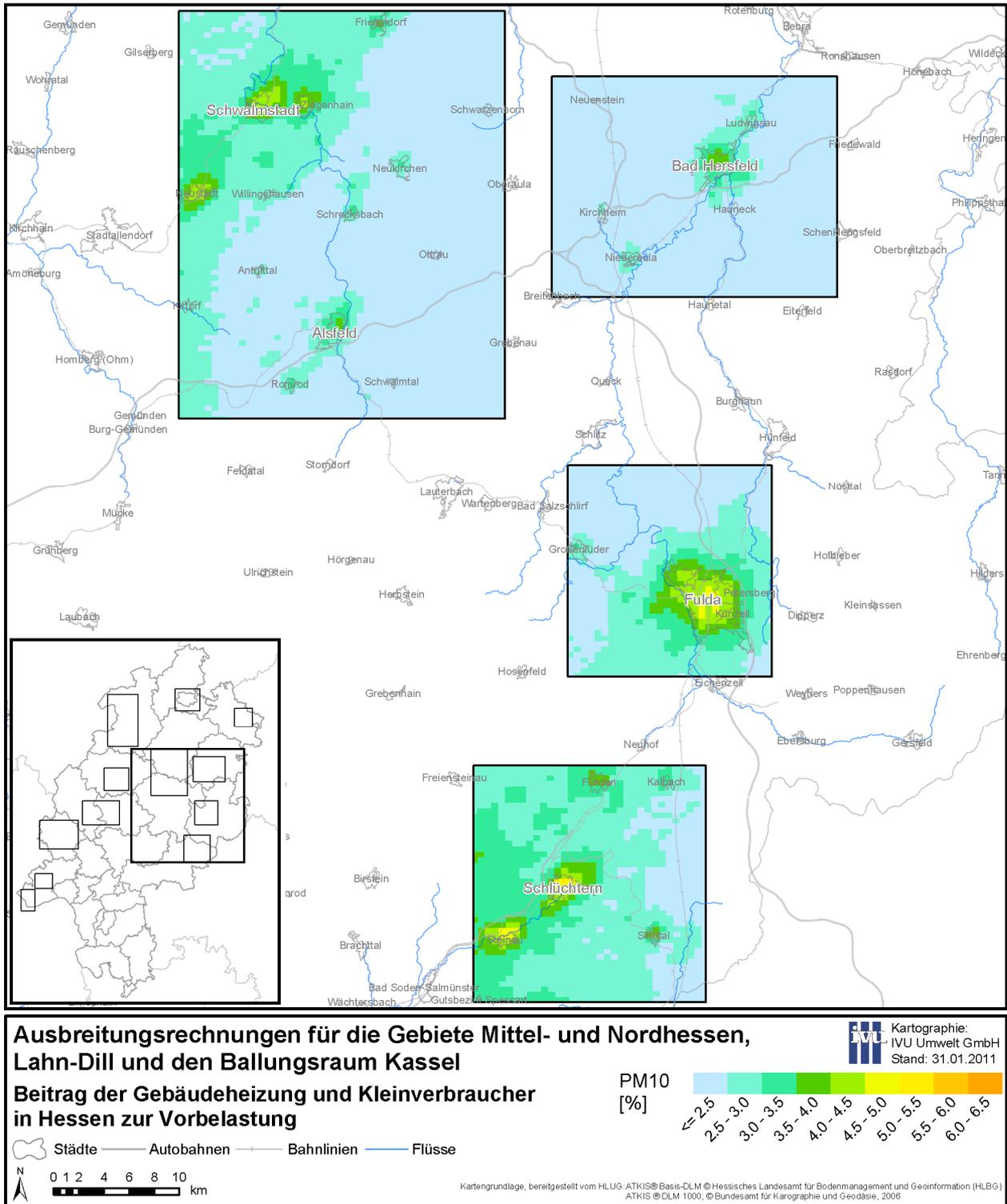


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse

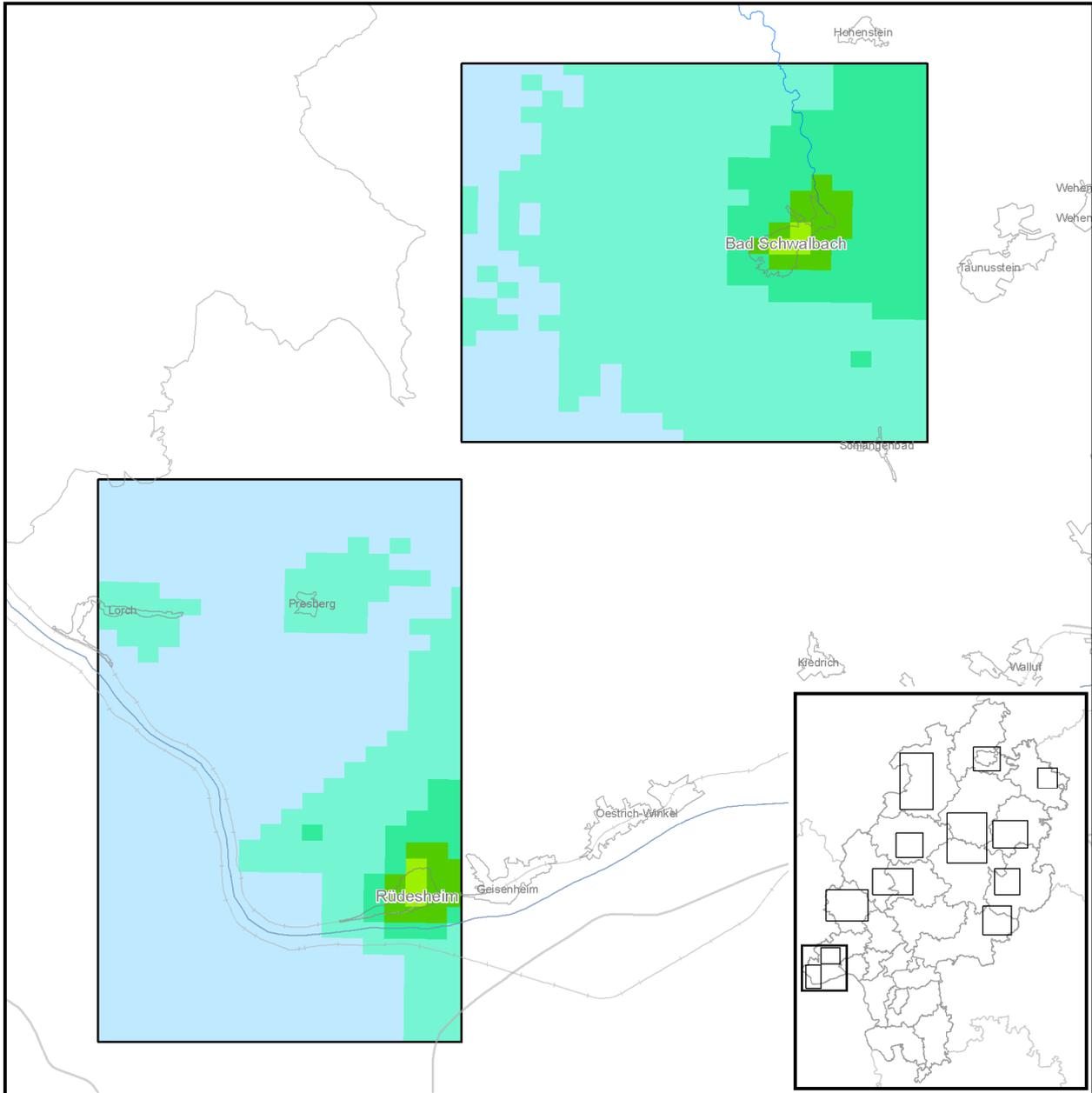


Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLOG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-54: PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher**



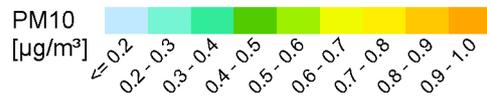
**Abbildung 6-55: Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



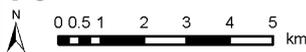
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

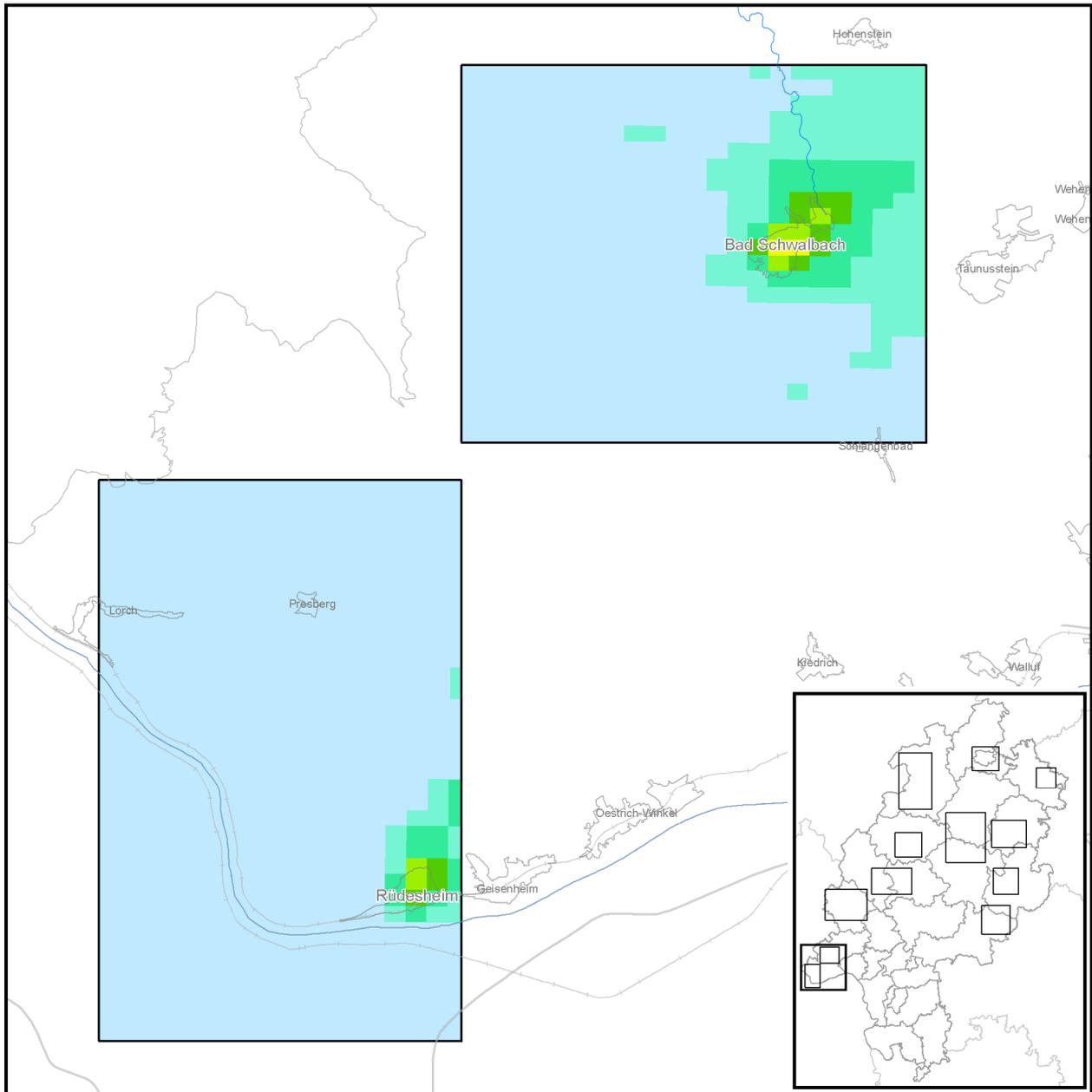


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG: ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-56: PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim verursacht durch Gebäudeheizung und Kleinverbraucher**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher in Hessen zur Vorbelastung**

  Städte   
  Autobahnen   
  Bahnlinien   
  Flüsse

N  
 0 0.5 1 2 3 4 5 km

Kartographie: IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011

PM10 [%]  
 ≤ 2.5    2.5-3.0    3.0-3.5    3.5-4.0    4.0-4.5    4.5-5.0    5.0-5.5    5.5-6.0    6.0-6.5

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-57: Relativer Anteil der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher an der PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshelm**



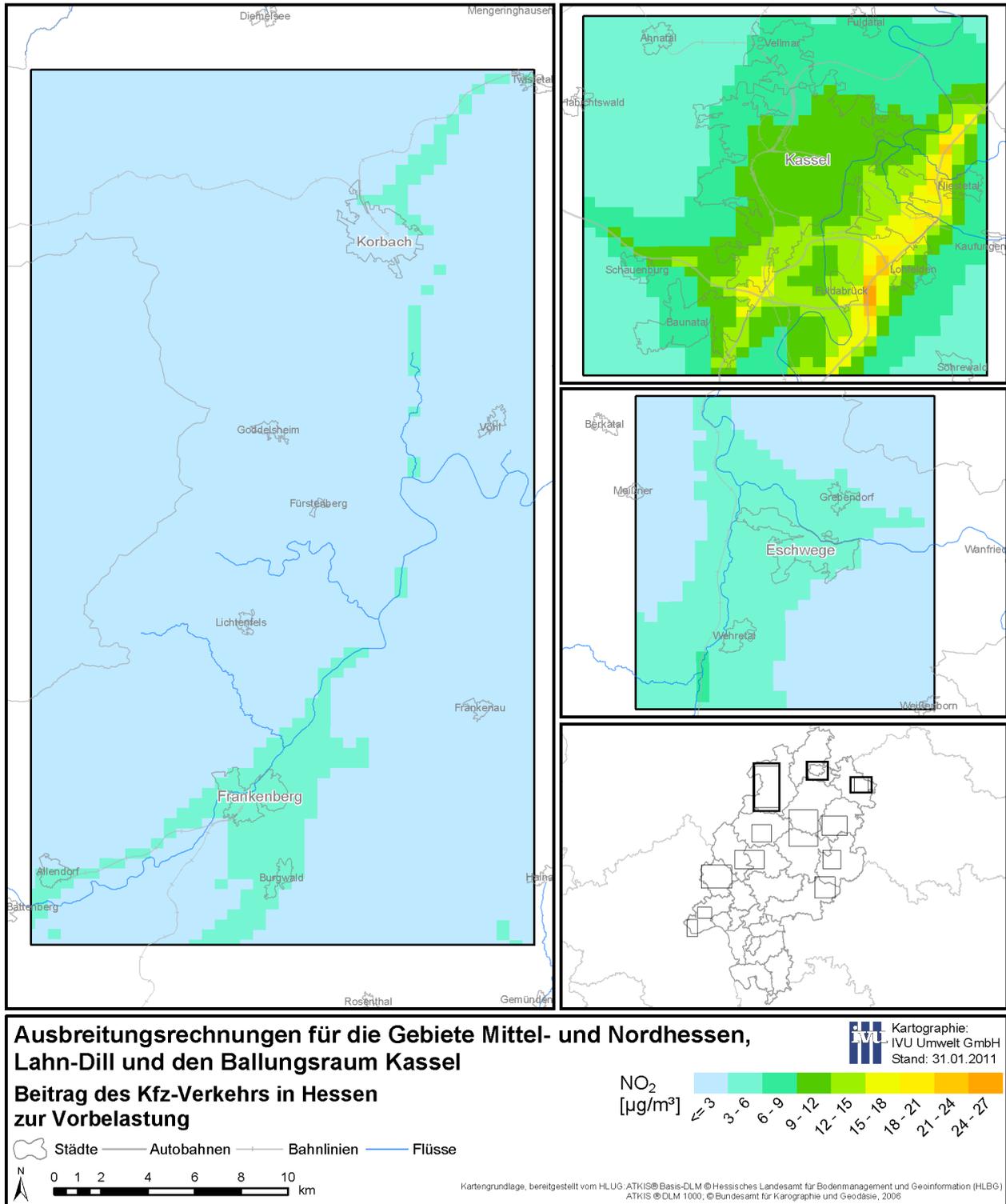
### 6.3.5 Beiträge des Kfz-Verkehrs

Eine Zusammenstellung der berechneten Bandbreiten für den Beitrag des Kfz-Verkehrs zur Vorbelastung zeigt Tabelle 6-6. Abbildung 6-58 bis Abbildung 6-65 zeigen die flächenhafte Auswertung des Szenarios Kfz-Verkehr für die NO<sub>2</sub>-Vorbelastung. Zur Berechnung dieses Szenarios wurden alle Emissionen des Kfz-Verkehrs auf dem Gebiet des Landes Hessen auf Null gesetzt.

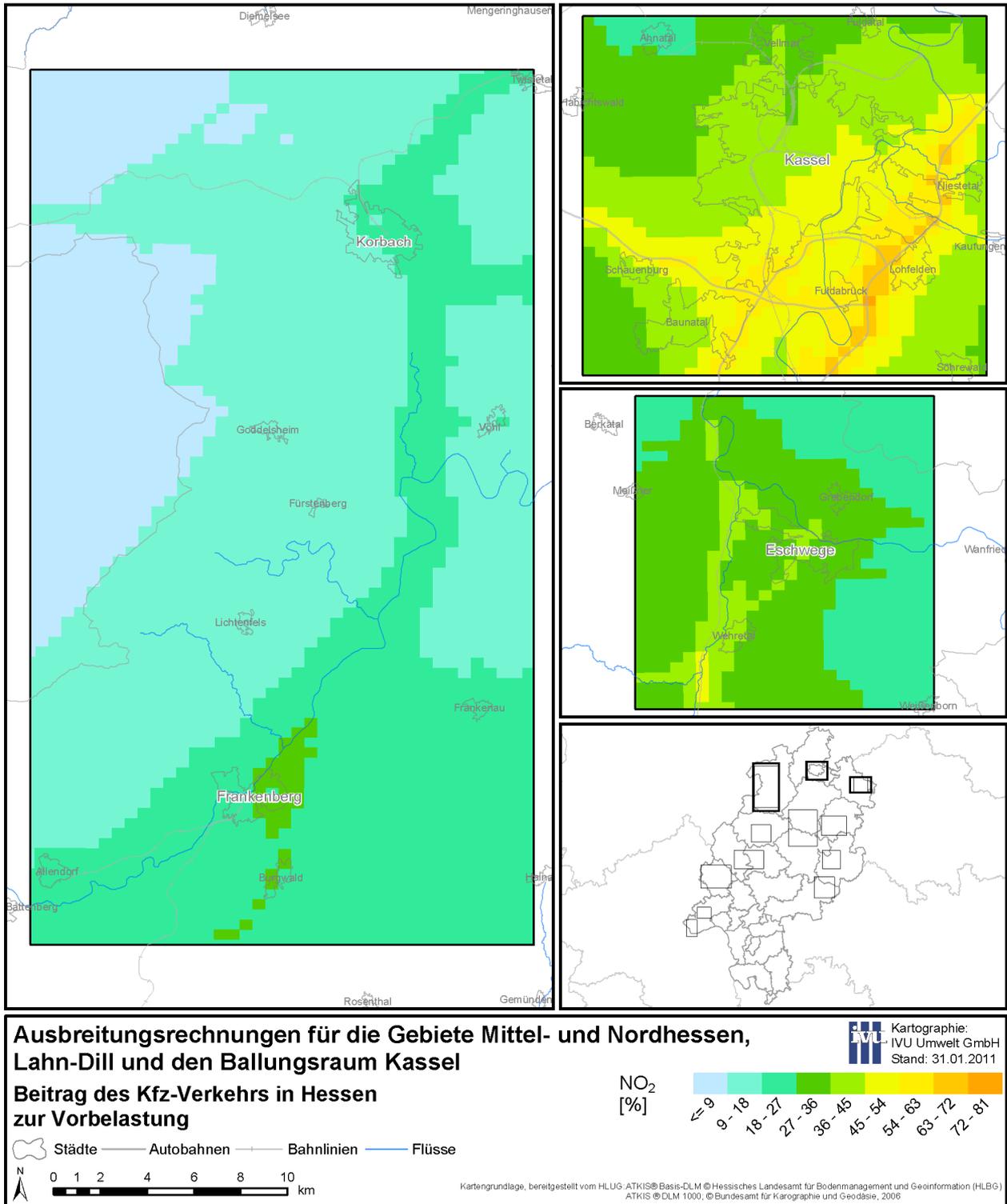
**Tabelle 6-6: Szenario Kfz-Verkehr: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung**

Teil- gebiet	Untersuchungs- gebiet	NO <sub>2</sub>				PM10			
		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Nord	Eschwege	1.9	6.9	20.8	48.5	0.4	1.1	3.2	7.9
	Kassel	3.0	24.5	24.9	72.3	0.4	3.2	3.2	21.1
	Korbach/Frankenberg	0.7	4.9	5.7	32.0	0.2	0.8	1.4	6.4
West	Limburg/Weilburg	1.3	19.0	7.8	58.4	0.3	3.2	1.9	19.3
	Marburg	2.5	9.8	22.1	49.2	0.4	1.6	3.7	11.6
	Wetzlar/Gießen	3.6	16.7	27.2	62.9	0.5	2.5	3.3	17.5
Ost	Bad Hersfeld	2.5	26.3	26.5	80.3	0.4	3.2	3.8	23.0
	Fulda	2.6	11.4	26.2	59.8	0.4	1.6	4.0	11.5
	Schlüchtern	1.8	9.8	16.5	52.4	0.3	1.3	3.0	9.5
	Schwalmstadt/Alsfeld	2.5	15.3	24.7	67.4	0.4	2.0	3.7	15.2
Süd	Bad Schwalbach	1.1	3.8	10.9	27.7	0.3	0.8	2.5	6.5
	Rüdesheim	0.7	3.6	5.0	16.7	0.2	0.8	1.6	5.4

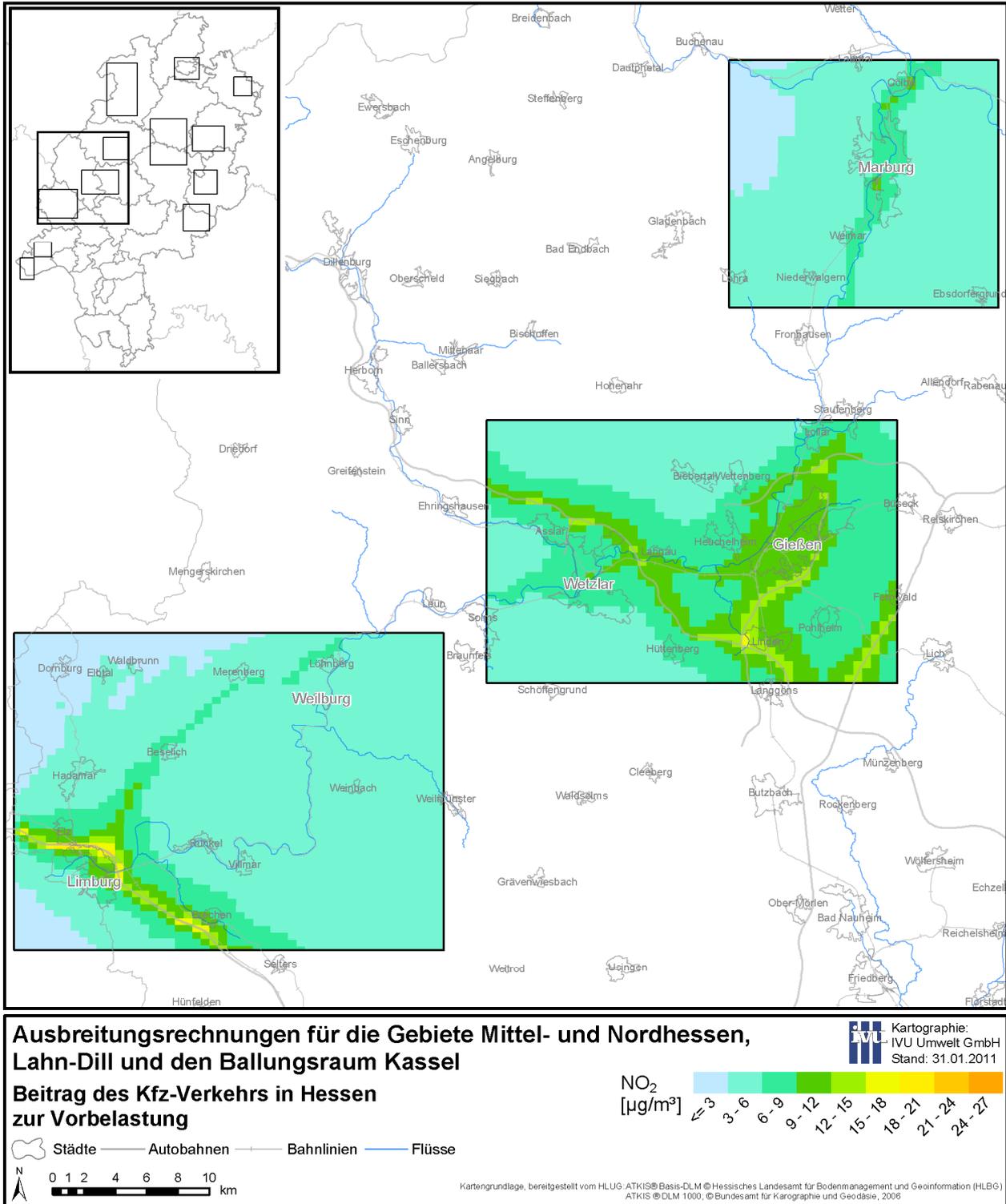
Der Beitrag der Kfz-Verkehrsemissionen zur NO<sub>2</sub>-Vorbelastung ist besonders hoch in denjenigen Modellgebieten durch die Autobahnen oder stark befahrene Bundesstraßen verlaufen. Dies ist insbesondere in Kassel (Abbildung 6-58), Wetzlar/Gießen (Abbildung 6-60), Limburg, Bad Hersfeld (Abbildung 6-62) und Schwalmstadt/Alsfeld (Abbildung 6-62) der Fall. Entlang der Verkehrsstrassen in diesen Gebieten liegen die berechneten absoluten Beiträge der Verkehrsemissionen zwischen 15 µg/m<sup>3</sup> (Alsfeld) und 26 µg/m<sup>3</sup> (Bad Hersfeld) und die relativen Beiträge zwischen 58 % (Limburg) und 80 % (Bad Hersfeld). In vielen Untersuchungsgebieten liefert der Kfz-Verkehr auch in Bereichen, die nicht in unmittelbarer Nähe von großen Verkehrsachsen liegen, den größten Anteil an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung. Mit Ausnahme der Untersuchungsgebiete Korbach/Frankenberg, Limburg/Weilburg, Schlüchtern, Bad Schwalbach und Rüdesheim, wo geringere Werte vorkommen, liegt der Kfz-Anteil in allen Untersuchungsgebieten flächendeckend über 20 %.



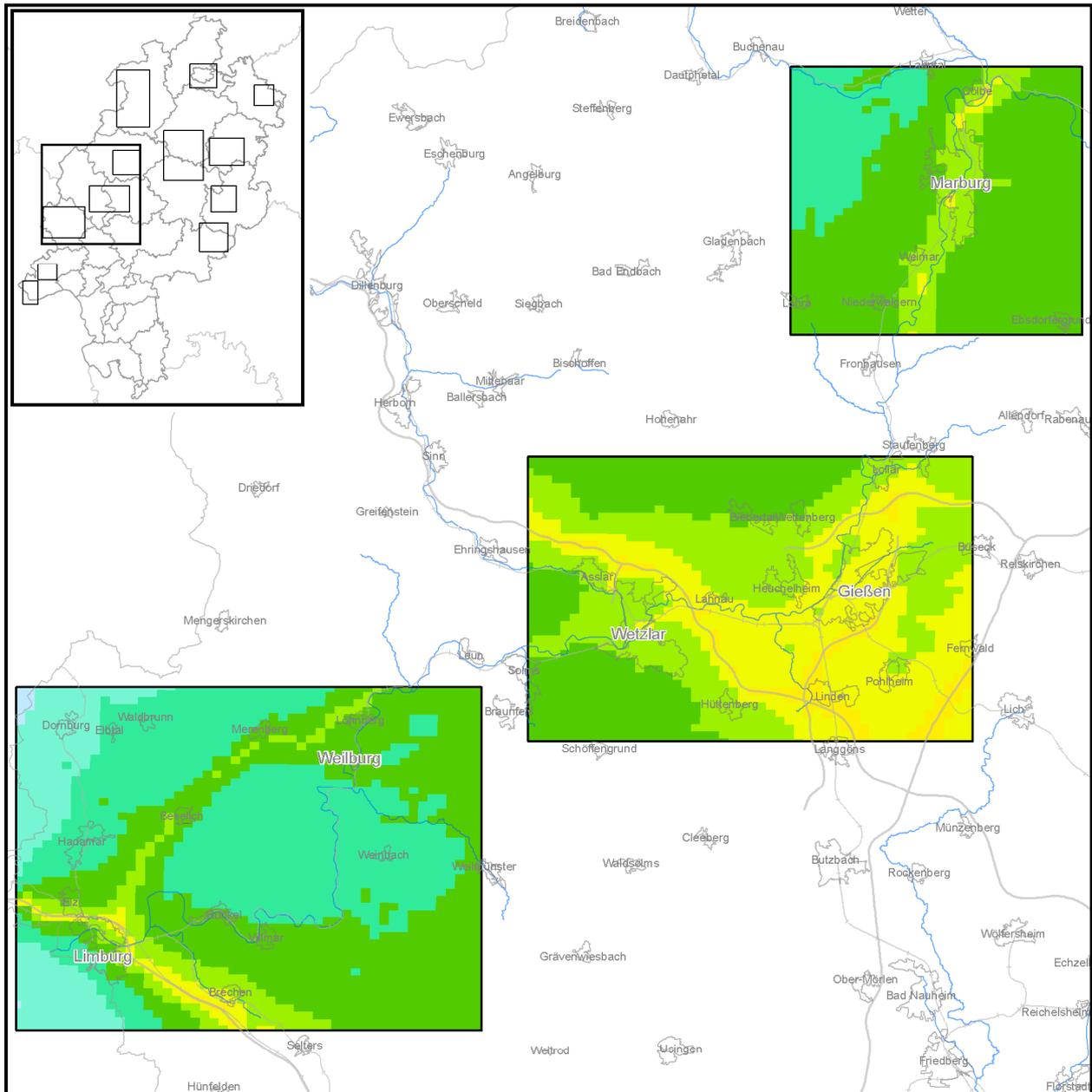
**Abbildung 6-58: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Franckenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Kfz-Verkehr**



**Abbildung 6-59: Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



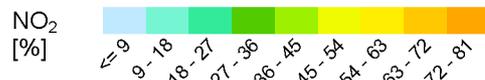
**Abbildung 6-60: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Kfz-Verkehr**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag des Kfz-Verkehr in Hessen zur Vorbelastung**

**IVU** Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

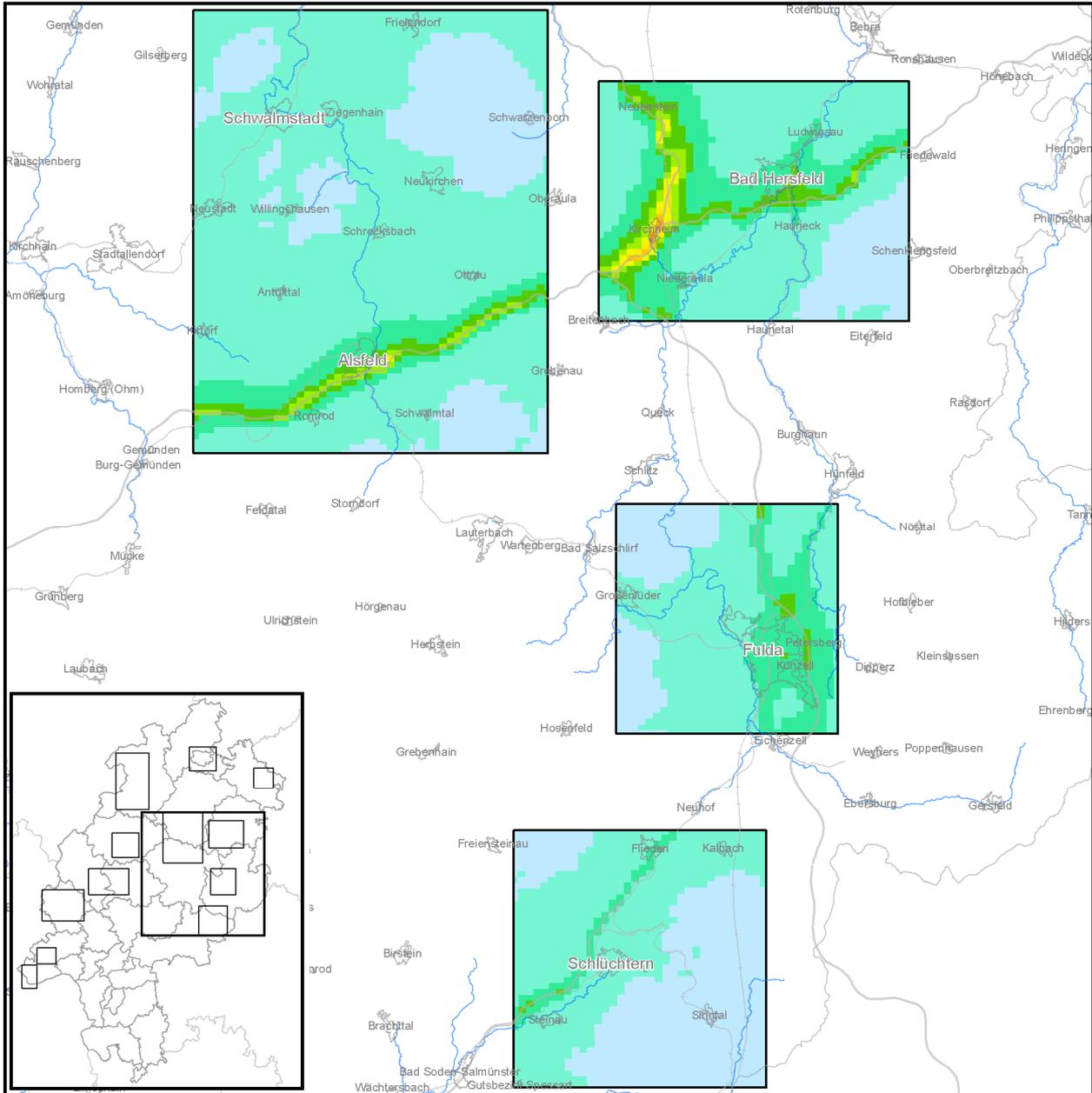


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlmnen   
 Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

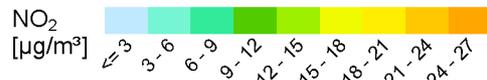
**Abbildung 6-61: Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



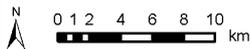
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag des Kfz-Verkehrs in Hessen zur Vorbelastung**

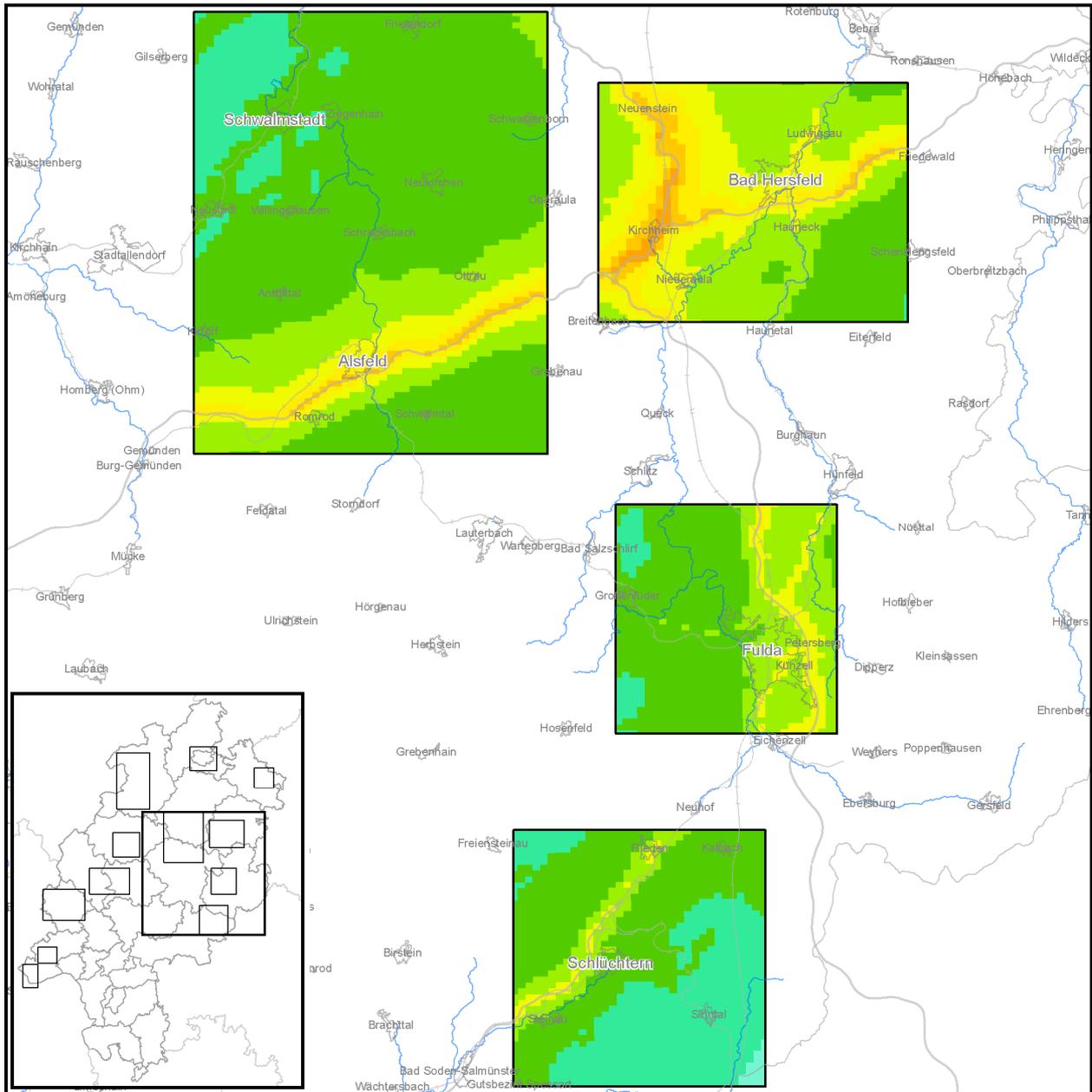


Städte — Autobahnen — Bahnlinien — Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLOG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-62: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Kfz-Verkehr**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag des Kfz-Verkehr in Hessen zur Vorbelastung**

Städte  
  Autobahnen  
  Bahnlinien  
  Flüsse

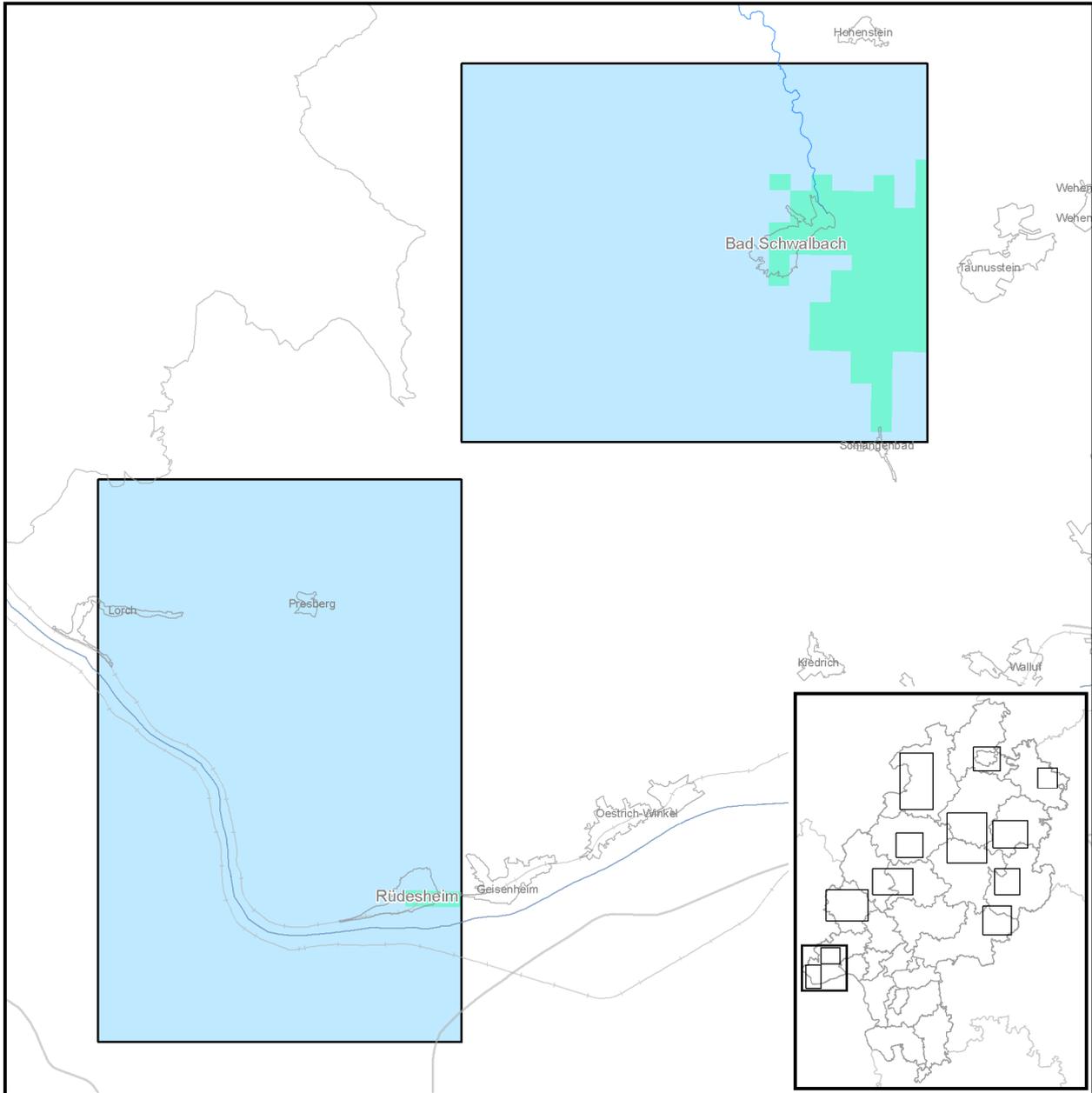
N  
 0 1 2 4 6 8 10 km

Kartographie: IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011

NO<sub>2</sub> [%]  
 ≤ 9   9-18   18-27   27-36   36-45   45-54   54-63   63-72   72-81

Kartogrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-63: Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag des Kfz-Verkehrs in Hessen zur Vorbelastung**

**NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]**

3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24-27
---	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------

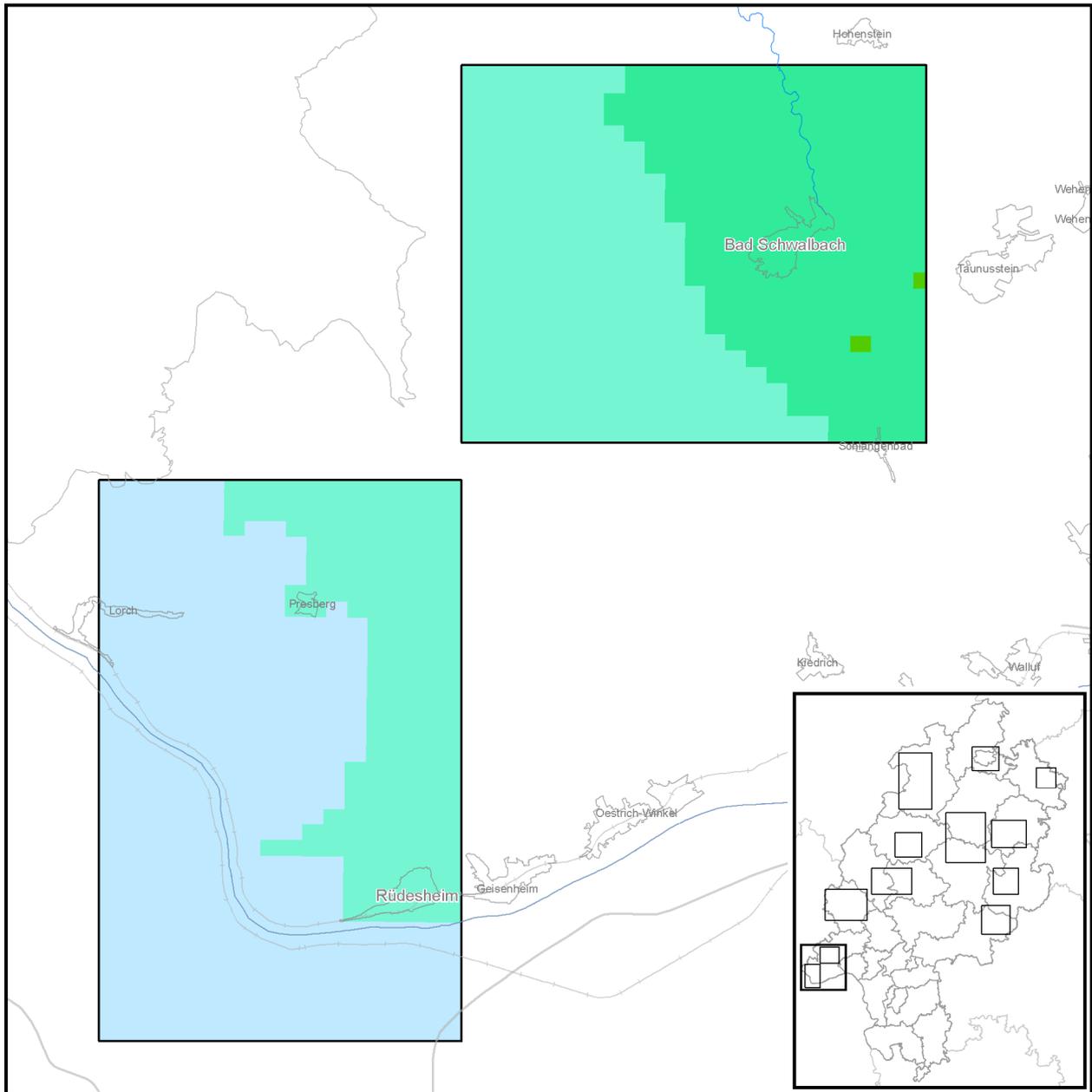
Kartographie:  
 IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011

Städte — Autobahnen — Bahnlinien — Flüsse

0 0.5 1 2 3 4 5 km

Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-64: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim verursacht durch Kfz-Verkehr**



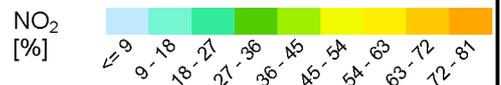
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag des Kfz-Verkehr in Hessen zur Vorbelastung**

Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlmnen   
 Flüsse

N  
 0 0.5 1 2 3 4 5 km

Kartographie:  
 IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011



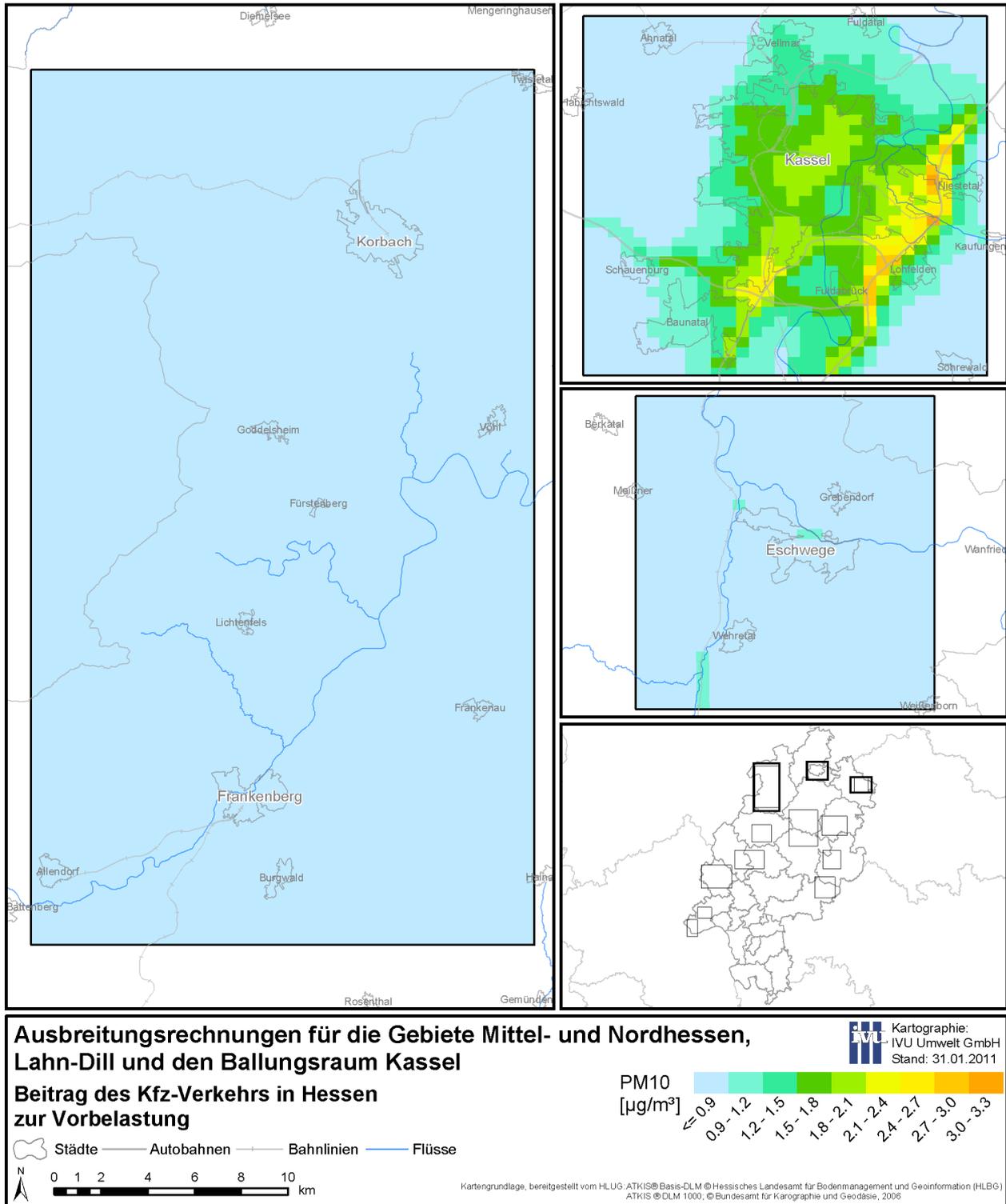
Kartgrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG)  
 ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-65: Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshheim**

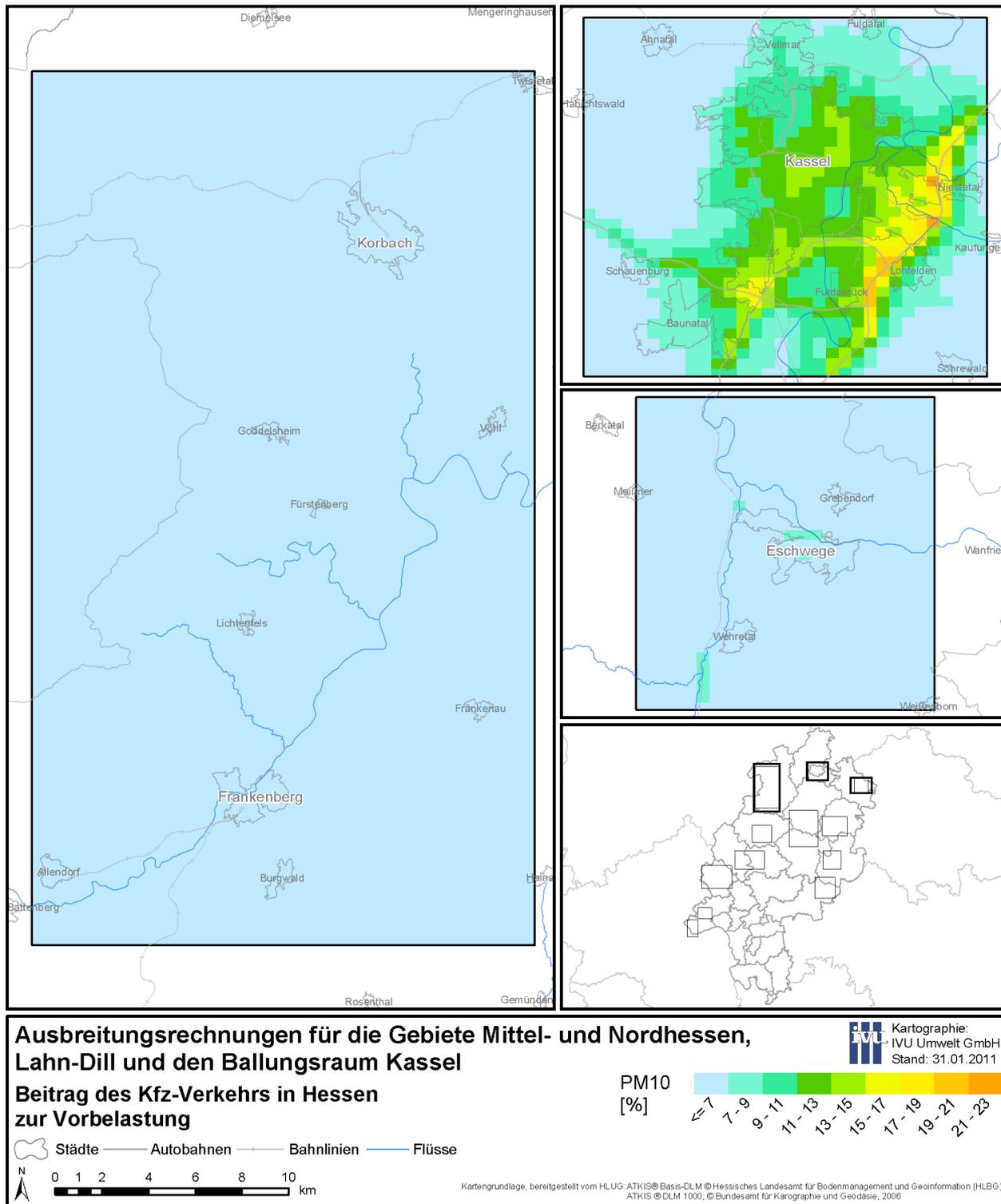


Abbildung 6-66 bis Abbildung 6-73 zeigen die flächenhafte Auswertung des Szenarios "Kfz-Verkehr" für die PM<sub>10</sub>-Vorbelastung. Im Einflussbereich der Hauptverkehrsachsen in den Untersuchungsgebieten Kassel (Abbildung 6-66), Limburg (Abbildung 6-68) und Bad Hersfeld (Abbildung 6-70) können bis zu 3.2 µg/m<sup>3</sup> der PM<sub>10</sub>-Belastung auf die Emissionen des Kfz-Verkehrs zurückgeführt werden. Dies entspricht relativen Beiträgen zur Gesamtbelastung zwischen 19 und 23 %. In den anderen Gebieten sind die Beiträge zur PM<sub>10</sub>-Vorbelastung zum Teil deutlich niedriger.

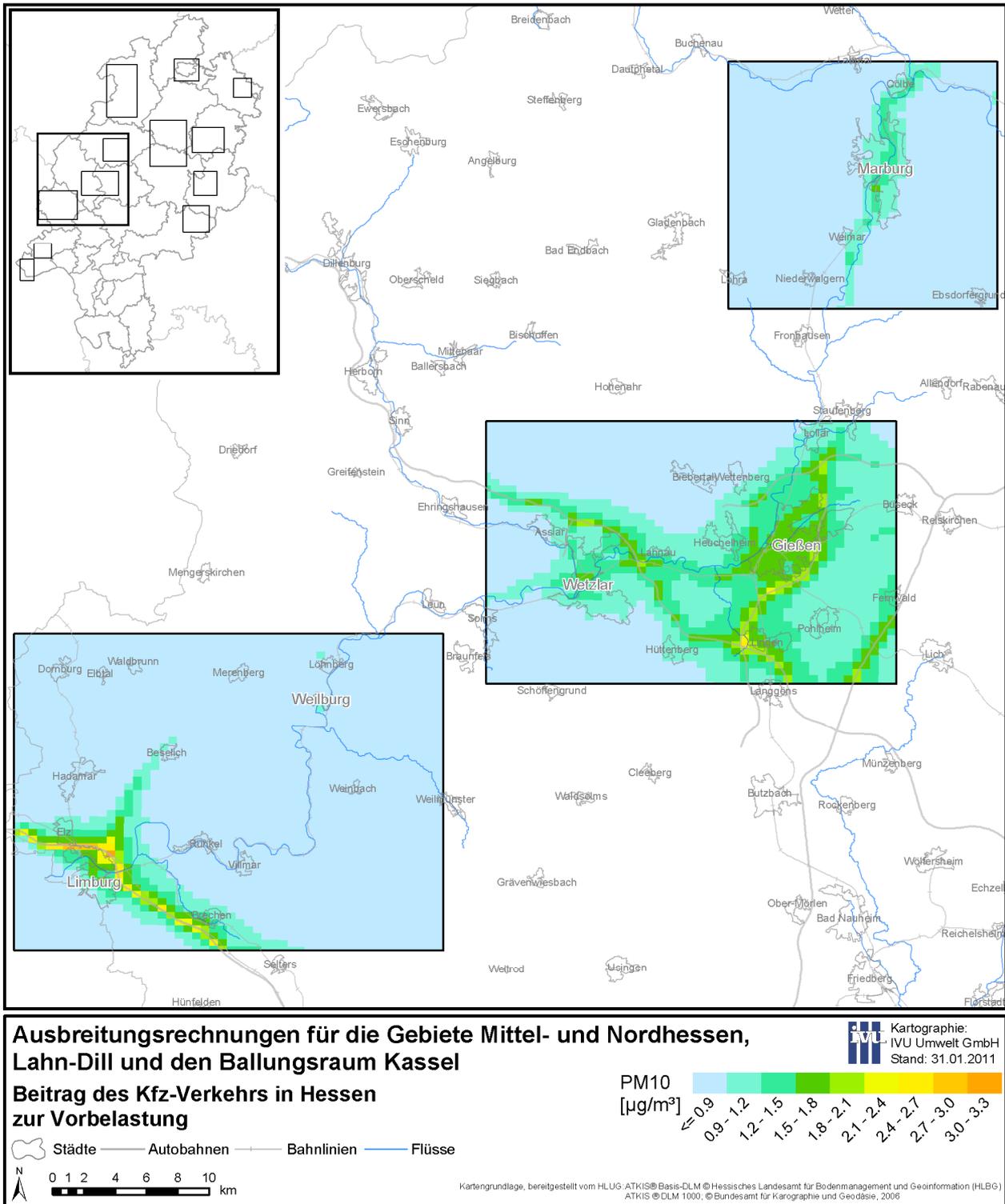
Der Beitrag der Verkehrsemissionen zur PM<sub>10</sub>-Vorbelastung ist damit sehr viel niedriger als derjenige zur NO<sub>2</sub>-Vorbelastung. Der geringere Beitrag der PM<sub>10</sub>-Emissionen des Verkehrs zur Vorbelastung resultiert aus den im Vergleich zu den NO<sub>x</sub>-Emissionen geringeren Anteilen des Verkehrs an den PM<sub>10</sub>-Gesamtemissionen und aus dem höheren Anteil des Ferntransports an der PM<sub>10</sub>-Gesamtbelastung.



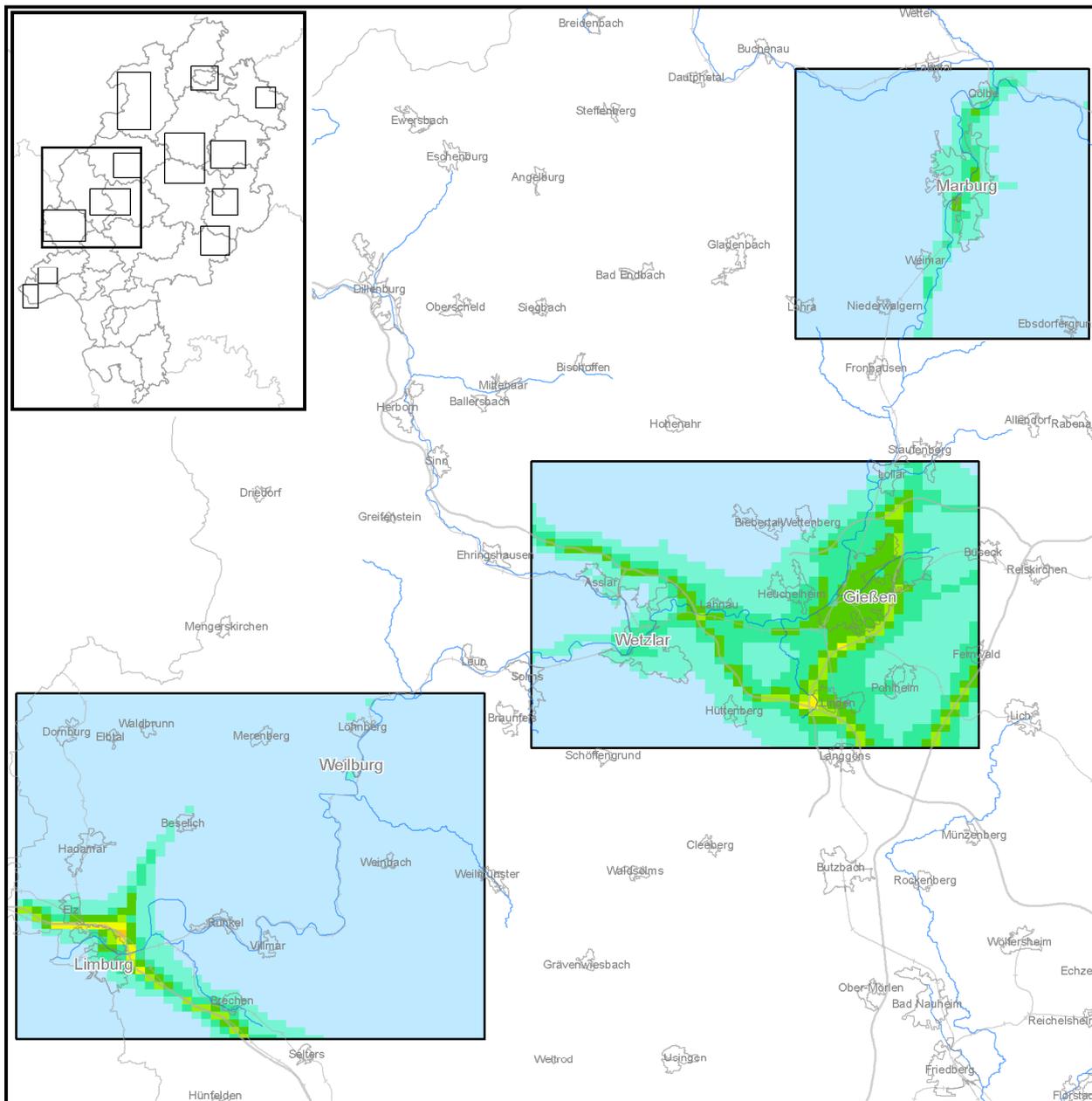
**Abbildung 6-66: PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach verursacht durch Kfz-Verkehr**



**Abbildung 6-67: Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der PM10-Vorbelastung in Eschwege, Frankenberg, Kassel und Korbach**



**Abbildung 6-68: PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar verursacht durch Kfz-Verkehr**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag des Kfz-Verkehr in Hessen zur Vorbelastung**

**IVU** Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

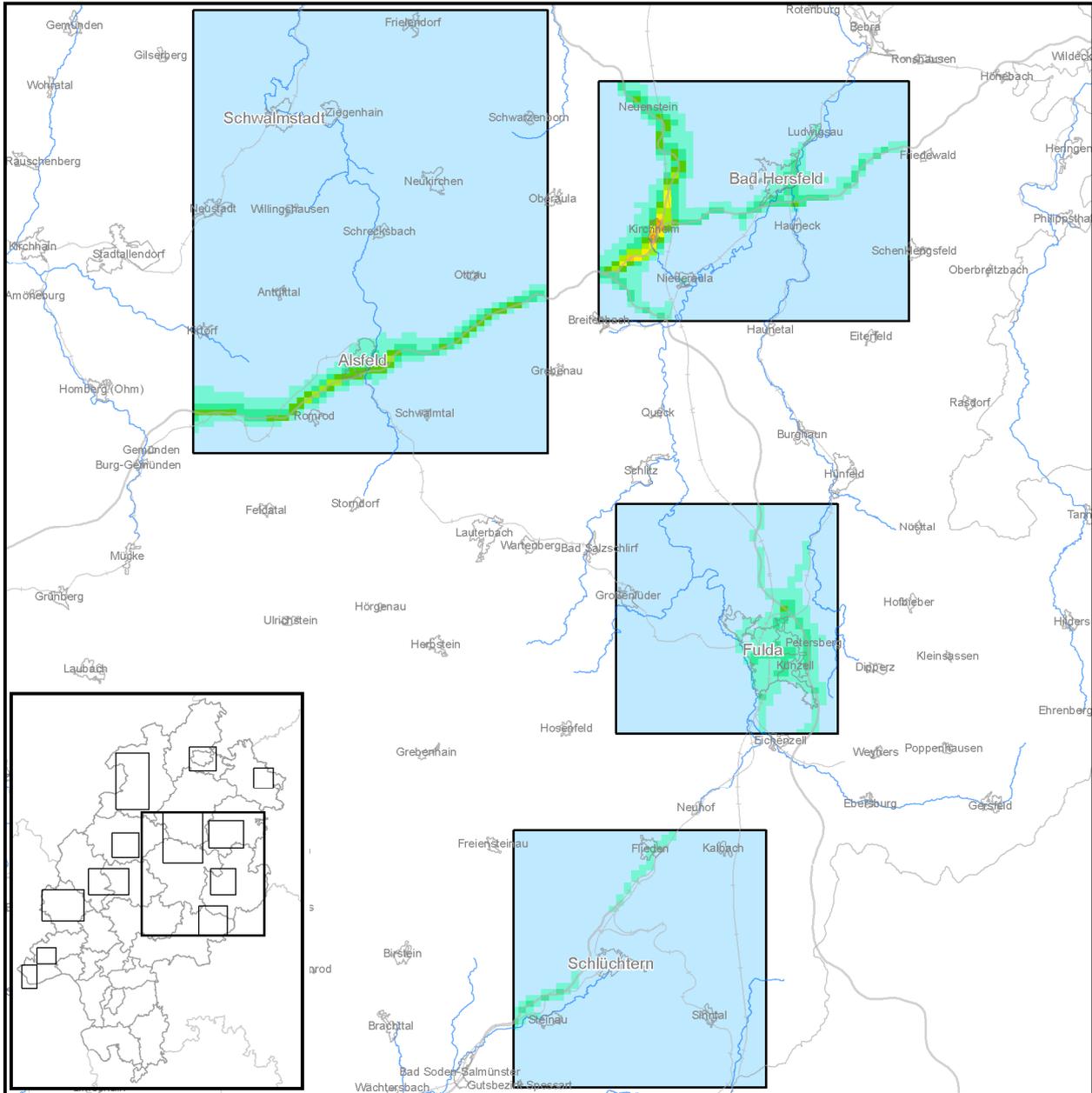


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnliesen   
 Flüsse



Kartogrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

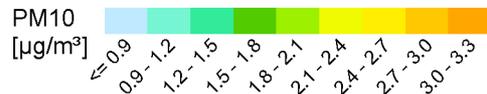
**Abbildung 6-69: Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der PM10-Vorbelastung in Gießen, Limburg, Marburg, Weilburg und Wetzlar**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag des Kfz-Verkehrs in Hessen zur Vorbelastung**

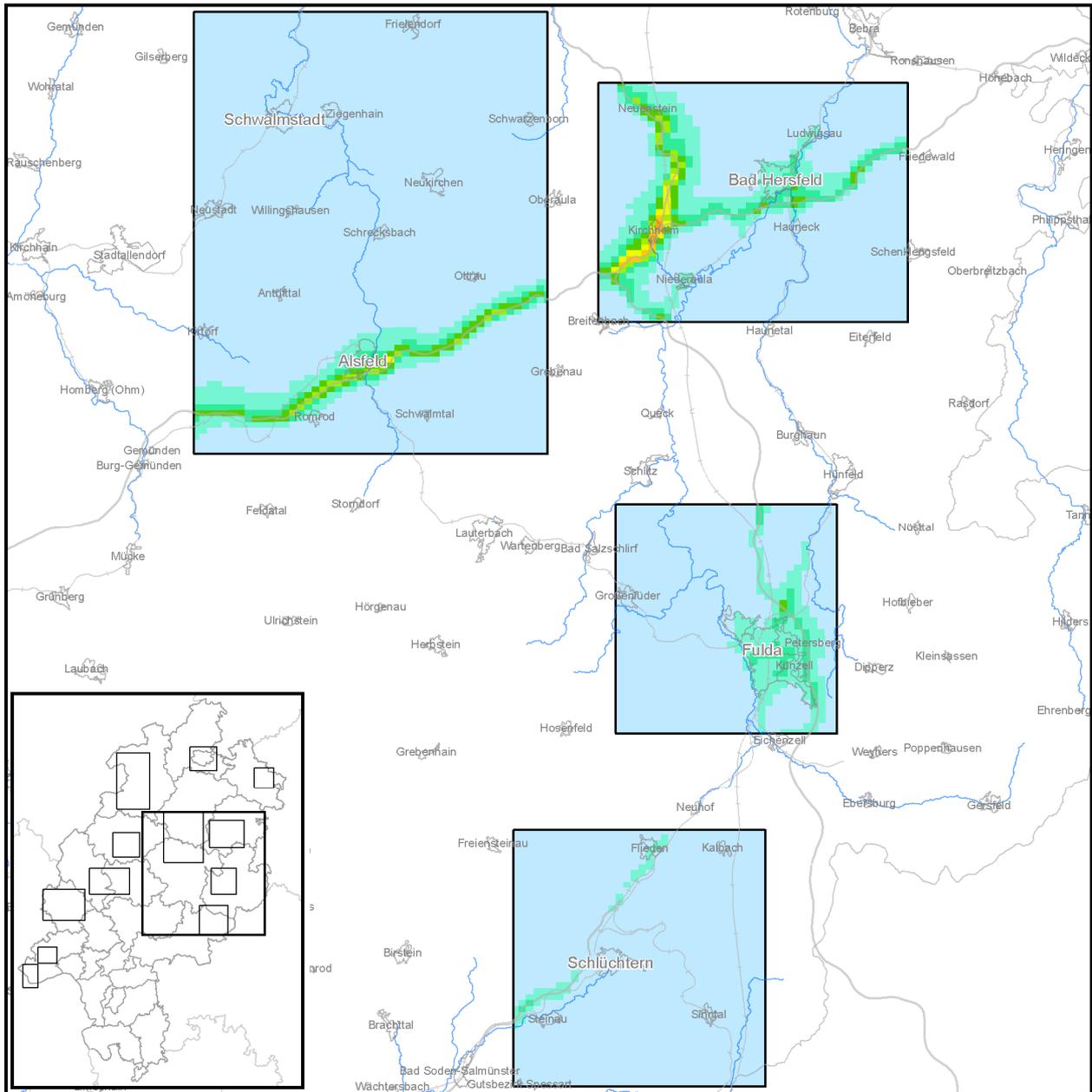


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse



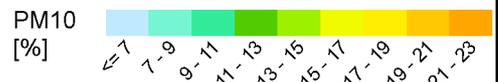
Kartengrundlage, bereitgestellt vom H.LUG: ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-70: PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern verursacht durch Kfz-Verkehr**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**  
**Beitrag des Kfz-Verkehr in Hessen zur Vorbelastung**

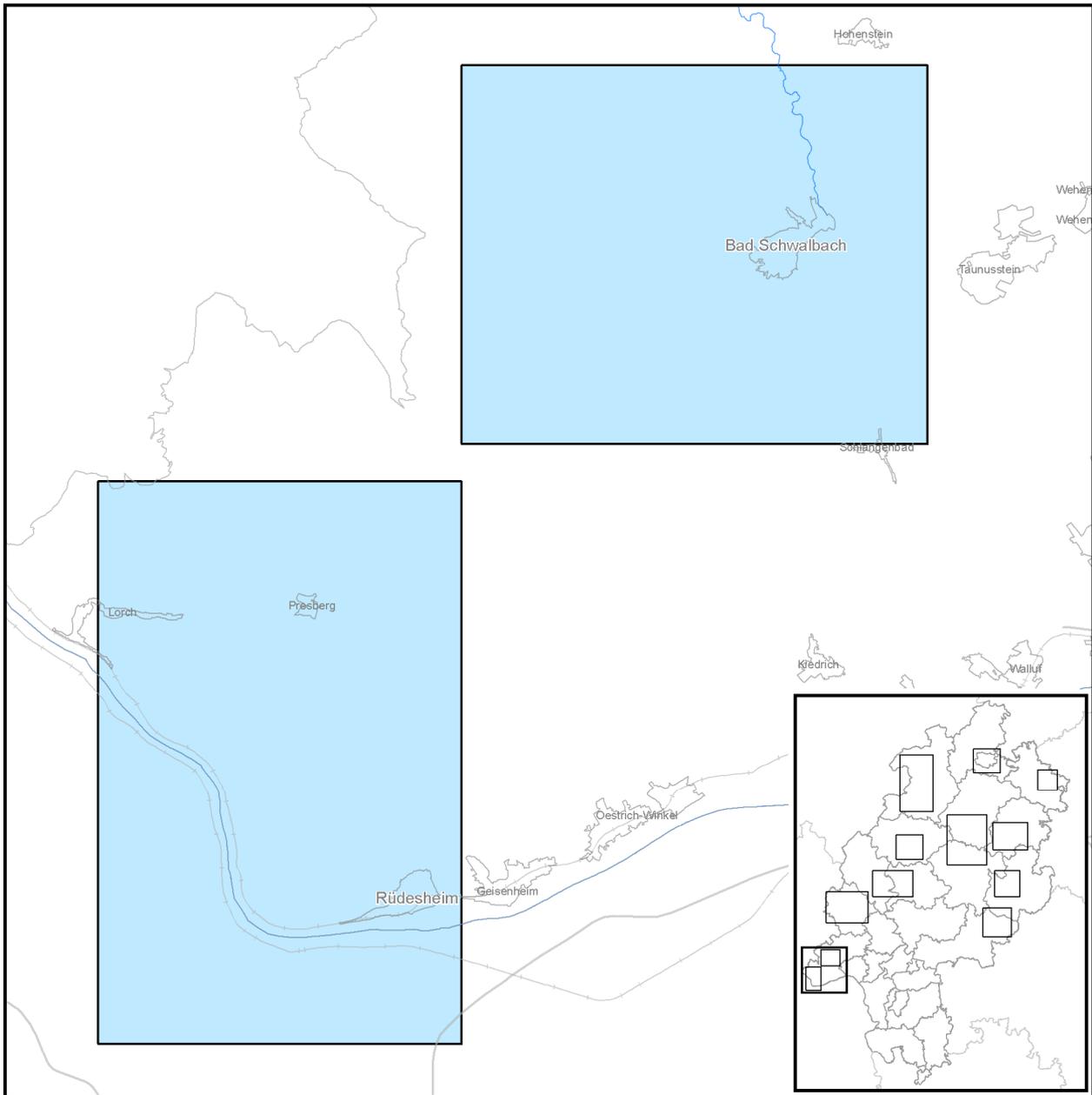
**IVU** Kartographie:  
 IVU Umwelt GmbH  
 Stand: 31.01.2011



Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse  
 0 1 2 4 6 8 10 km

Kartogrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

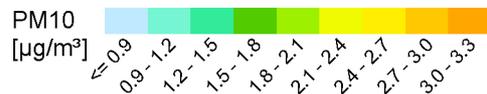
**Abbildung 6-71: Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der PM10-Vorbelastung in Alsfeld, Bad Hersfeld, Fulda, Schwalmstadt und Schlüchtern**



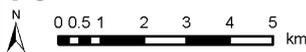
**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

Kartographie:  
IVU Umwelt GmbH  
Stand: 31.01.2011

**Beitrag des Kfz-Verkehrs in Hessen zur Vorbelastung**

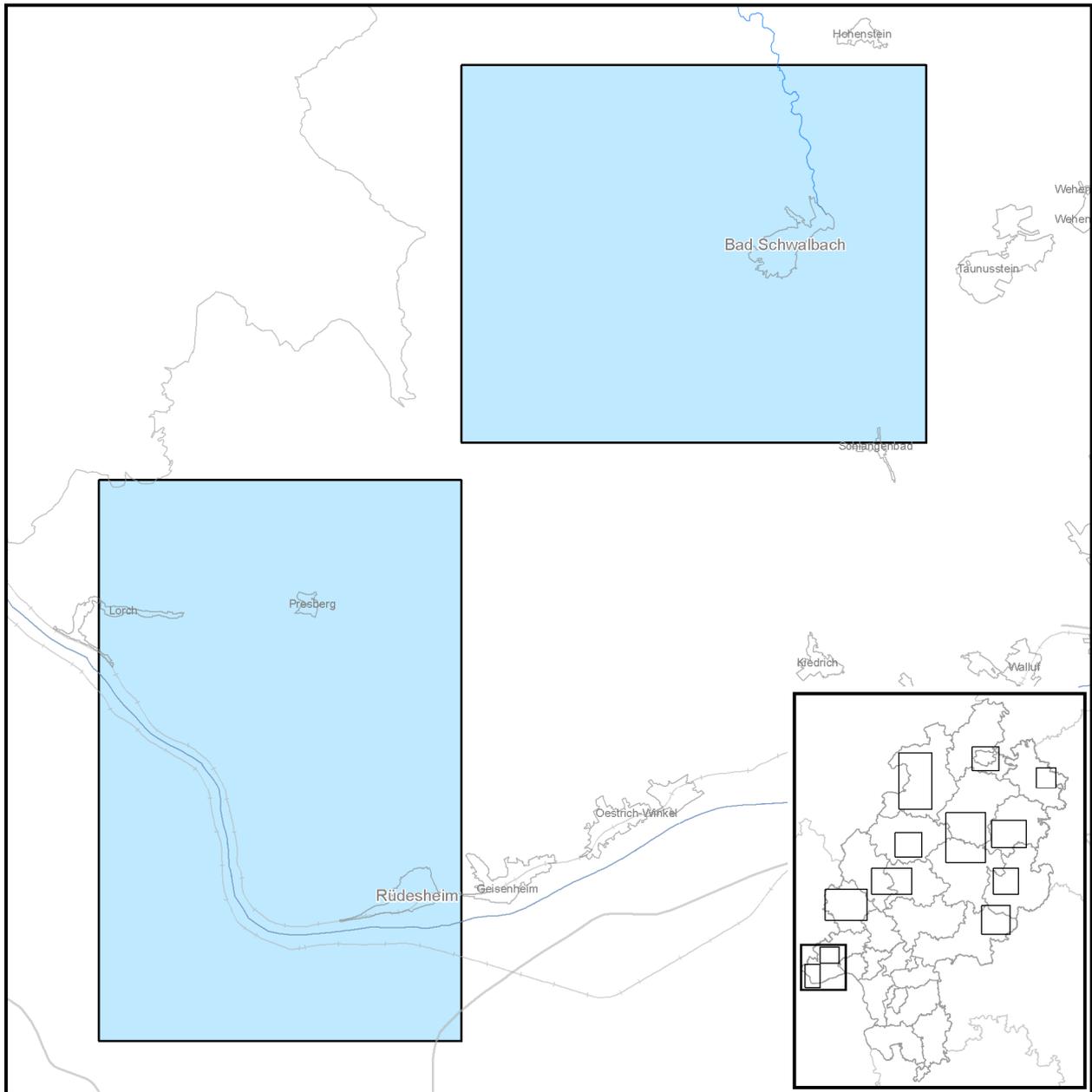


Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlinien   
 Flüsse



Kartengrundlage, bereitgestellt vom HLUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS © DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-72: PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rüdeshcim verursacht durch Kfz-Verkehr**



**Ausbreitungsrechnungen für die Gebiete Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und den Ballungsraum Kassel**

**Beitrag des Kfz-Verkehr in Hessen zur Vorbelastung**

PM10 [%]

≤ 1	1 - 9	9 - 11	11 - 13	13 - 15	15 - 17	17 - 19	19 - 21	21 - 23
-----	-------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Städte   
 Autobahnen   
 Bahnlmnen   
 Flüsse

0 0.5 1 2 3 4 5 km

Kartographie: IVU Kartographie: IVU Umwelt GmbH Stand: 31.01.2011  
 Kartengrundlage, bereitgestellt vom H.LUG-ATKIS® Basis-DLM © Hessisches Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (HLBG) ATKIS® DLM 1000, © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 2006

**Abbildung 6-73: Relativer Anteil des Kfz-Verkehr an der PM10-Vorbelastung in Bad Schwalbach und Rudesheim**

### 6.3.6 Beiträge der Autobahnen im Modellgebiet Kassel

Dieses Szenario dient zur Ermittlung des Beitrags der durch den Autobahnverkehr verursachten Emissionen im Untersuchungsgebiet Kassel. Zur Berechnung wurden die hessischen Autobahnemissionen im Modellgebiet Kassel auf Null gesetzt. Abbildung 6-74 zeigt dazu die absoluten und relativen Beiträge der Autobahnen zu den Jahresmittelwerten der NO<sub>2</sub>- und PM10-Vorbelastung.

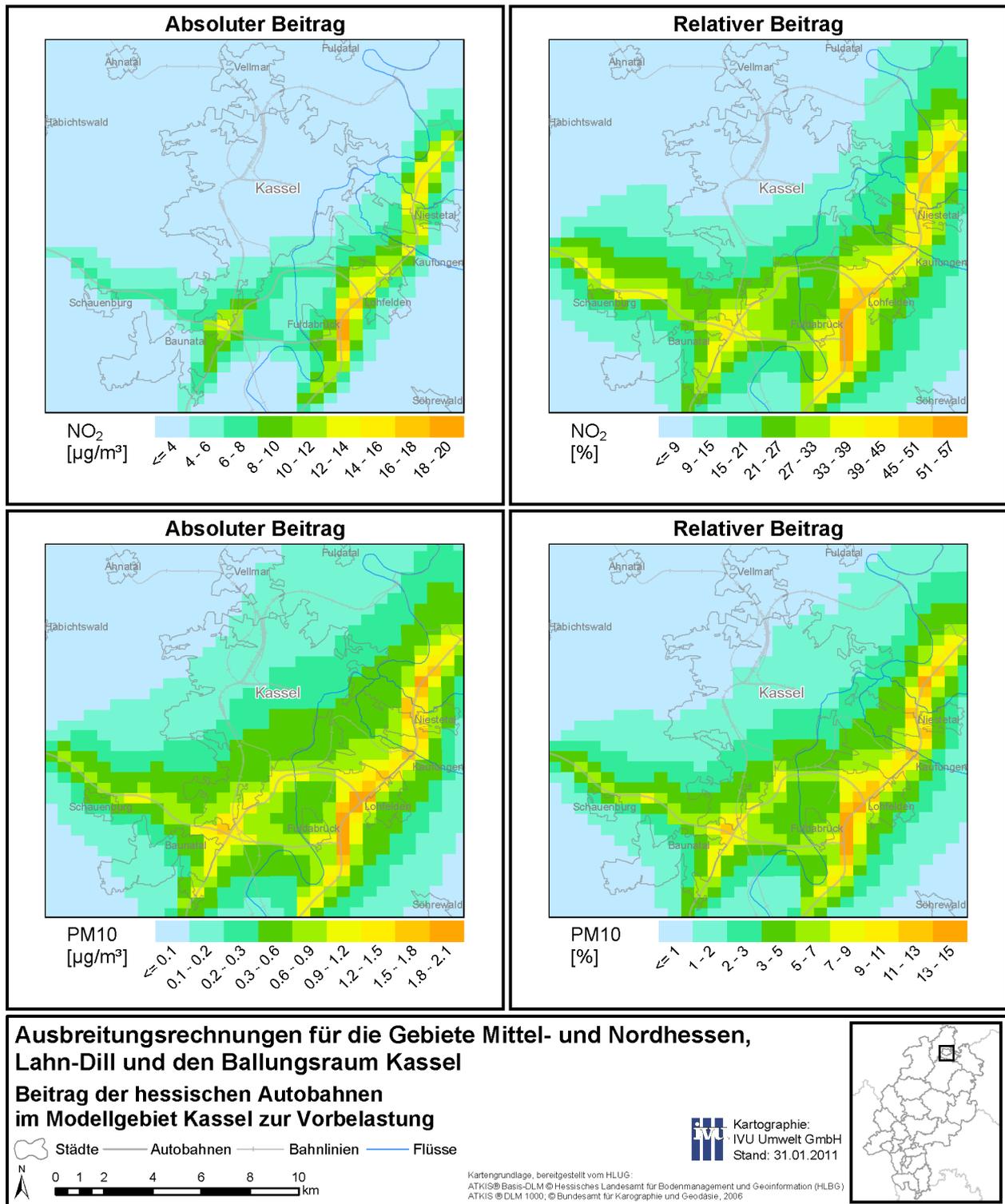
**Tabelle 6-7: Szenario Autobahnemissionen in Kassel: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung**

NO <sub>2</sub>				PM10			
[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
0.1	19.0	0.8	56.2	0.0	2.1	0.0	14.4

Die Kfz-Emissionen tragen im Untersuchungsgebiet mit bis zu 25 µg/m<sup>3</sup> zur NO<sub>2</sub>-Vorbelastung bei, die Emissionen der Autobahnen bis zu 19 µg/m<sup>3</sup>. In den meisten Teilen des Stadtgebiets Kassel liegt der Beitrag der Autobahnen unter 6 µg/m<sup>3</sup>. Die relativen NO<sub>2</sub>-Beiträge liegen im Maximum bei 72 % für den Kfz-Verkehr und bei 56 % für die Autobahnen. Im Stadtgebiet Kassel tragen die Autobahnen mit etwa 5 bis 40 % und der gesamte Kfz-Verkehr mit etwa 35 bis 70 % zur NO<sub>2</sub>-Vorbelastung bei.

Der Beitrag der durch den Autobahnverkehr verursachten Emissionen zur PM10-Vorbelastung im Untersuchungsgebiet ist deutlich geringer als derjenige zur NO<sub>2</sub>-Vorbelastung. Bei PM10 tragen die Kfz-Emissionen mit bis zu 3.2 µg/m<sup>3</sup> und die Autobahnemissionen mit bis zu 2.1 µg/m<sup>3</sup> zur Vorbelastung bei. In den meisten Teilen des Stadtgebiets Kassel liegt der Beitrag der Autobahnen bei 1.2 µg/m<sup>3</sup>. Die relativen PM10-Beiträge liegen im Maximum bei 21 % für den Kfz-Verkehr und bei 14 % für die Autobahnen. Im Stadtgebiet Kassel tragen die Autobahnen mit etwa 1 bis 12 % und der gesamte Kfz-Verkehr mit etwa 7 bis 20 % zur PM10-Vorbelastung bei.

Damit verursachen die Autobahnemissionen im hessischen Teil des Untersuchungsgebiets im Stadtgebiet von Kassel bis zur Hälfte der durch den gesamten hessischen Kfz-Verkehr verursachten Vorbelastung von NO<sub>2</sub> und PM10. In der Nähe der Autobahnen steigt ihr Anteil auf über zwei Drittel.



**Abbildung 6-74: NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Vorbelastung in Kassel verursacht durch Autobahnen absolut (links) und relativ (rechts)**

### 6.3.7 Beiträge des VW-Werks Baunatal im Modellgebiet Kassel

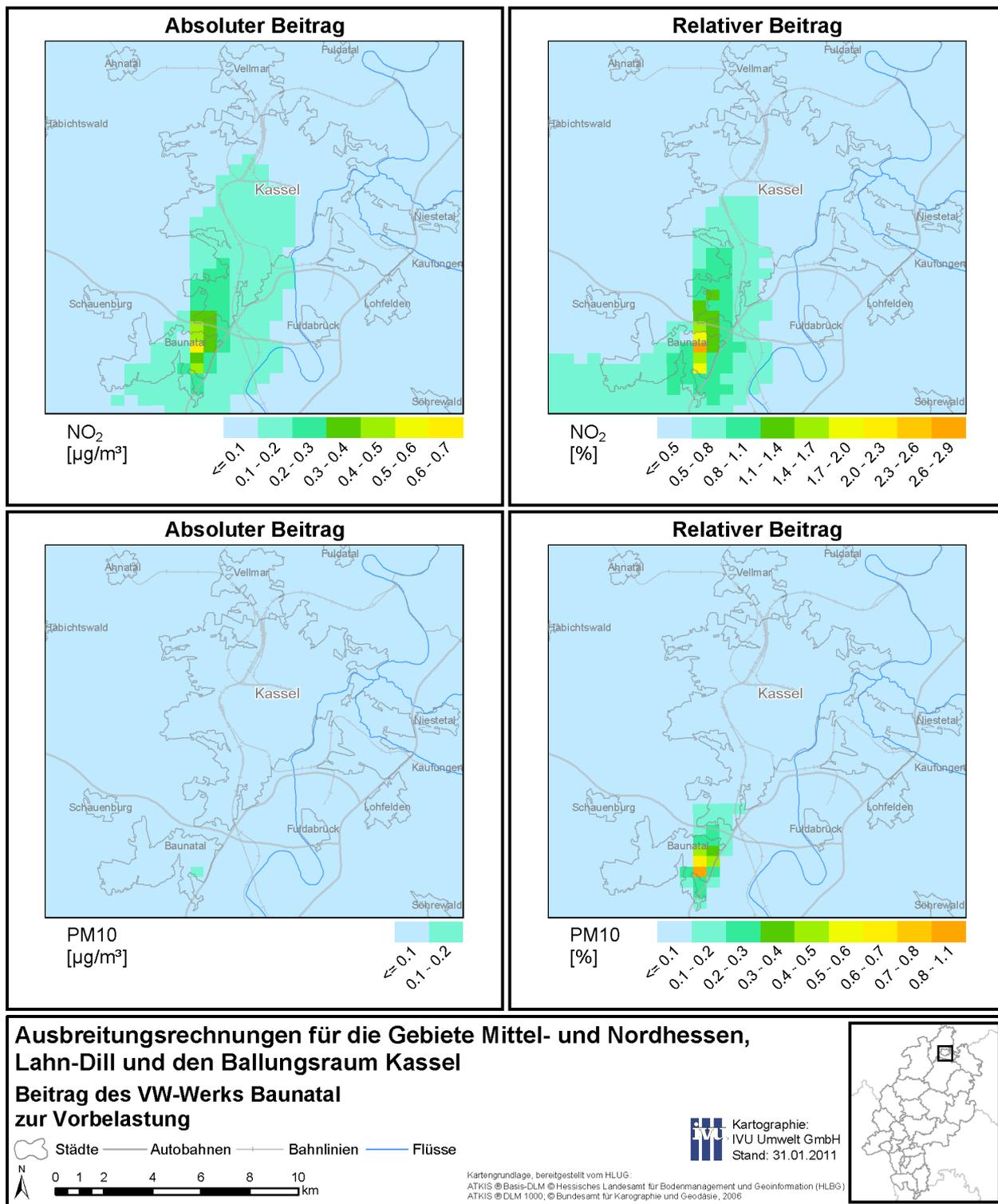
Zur Berechnung der Beiträge des VW-Werks Baunatal zur Vorbelastung im Untersuchungsgebiet Kassel wurden in diesem Szenario dessen Emissionen auf Null gesetzt. Tabelle 6-8 und Abbildung 6-75 zeigen die absoluten und relativen Beiträge an den Jahresmittelwerten der NO<sub>2</sub>- und PM10-Vorbelastung im Untersuchungsgebiet.

**Tabelle 6-8: Szenario VW-Werk Baunatal: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung**

NO <sub>2</sub>				PM10			
[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
0.0	0.6	0.1	2.8	0.0	0.2	0.0	1.1

Der Einfluss der Emissionen des VW-Werks auf das Stadtgebiet Kassel ist gering und liegt für NO<sub>2</sub> unter 0.5 µg/m<sup>3</sup> und für PM10 unter 0.1 µg/m<sup>3</sup>. In Quellnähe können nach den RCG-Berechnungen bis zu 0.7 µg/m<sup>3</sup> bzw. bis zu 3 % der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung auf die Emissionen des Werkes zurückgeführt werden. Der Beitrag zur PM10-Vorbelastung ist deutlich geringer und beträgt in Quellnähe circa 0.2 µg/m<sup>3</sup> bzw. etwa 1 %.

Es muss hier angemerkt werden, dass ein Gittermodell wie das RCG-Modell nur bedingt geeignet ist, die Konzentrationsbeiträge punktförmiger Emissionen im Nahbereich zu bestimmen, da die horizontale und vertikale Maschenweite des Modells zu einer künstlichen Verbreiterung der Abgasfahne und damit in Quellnähe zu einer unmittelbaren Konzentrationsverdünnung führt. Zur immissionsseitigen Beurteilung von Industrieanlagen bzw. in entsprechenden Genehmigungsverfahren werden dementsprechend andere Modelle eingesetzt (TA LUFT, 2002).



**Abbildung 6-75: NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Vorbelastung in Kassel verursacht durch das VW-Werk Baunatal absolut (links) und relativ (rechts)**

### 6.3.8 Veränderungen durch den Ausbau des Buderus-Werks im Modellgebiet Wetzlar/Gießen

In diesem Szenario wurde eine geänderte Emissionsverteilung des Buderus-Werks in Wetzlar betrachtet. Der wesentliche Unterschied zu den Standardemissionen ist eine Verlagerung der PM10-Emissionen auf zum Teil höhere Schornsteine. Insgesamt ändert sich die Menge der Emissionen nur geringfügig (s. Abschnitt 4.3.9). Tabelle 6-9 sowie Abbildung 6-76 und Abbildung 6-77 zeigen die absoluten und relativen Veränderungen dieser Emissionsänderung auf die Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub> und PM10-Vorbelastung im Untersuchungsgebiet Wetzlar/Gießen.

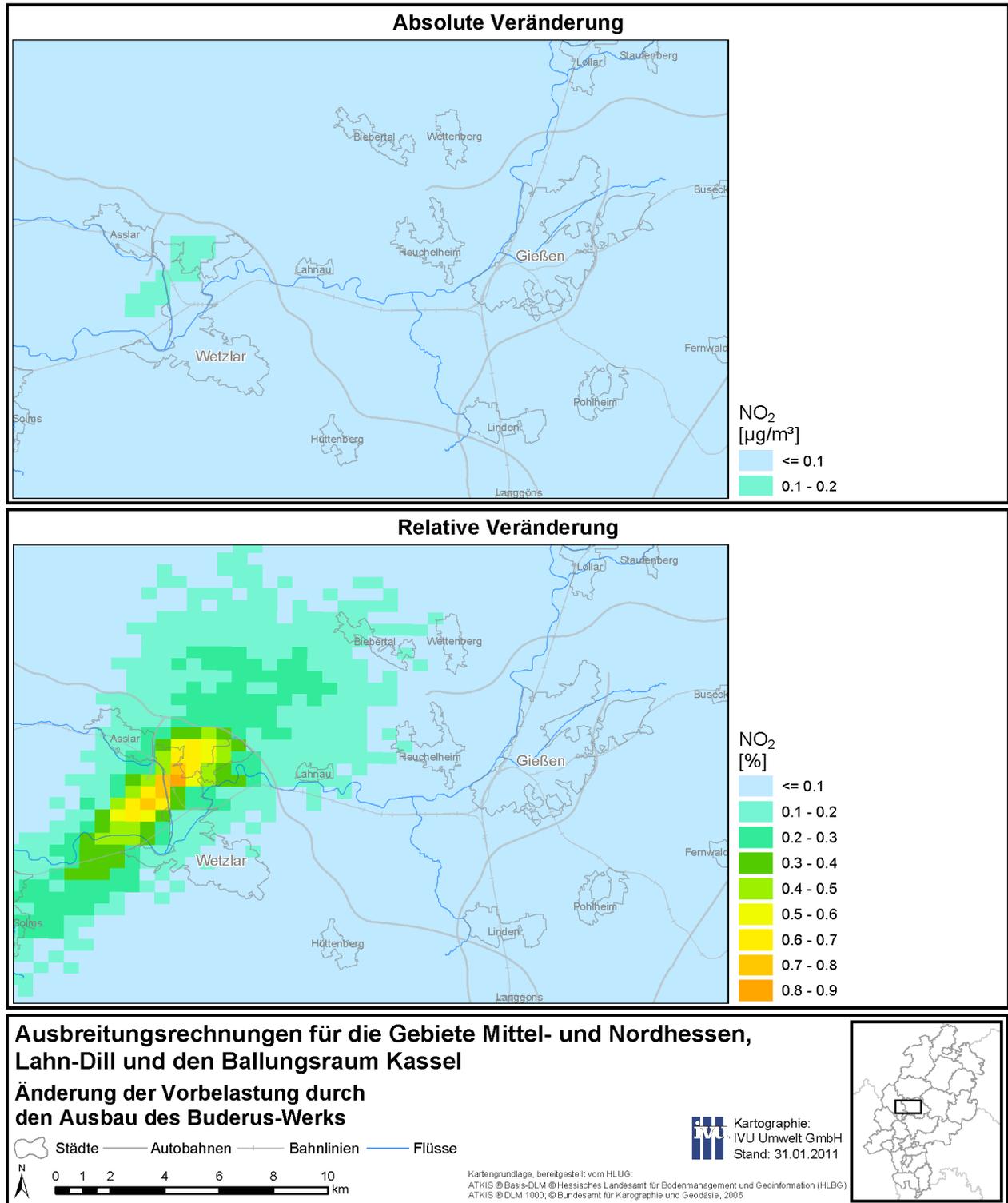
**Tabelle 6-9: Szenario Ausbau Buderus-Werk: absolute und relative Beiträge zur Vorbelastung**

NO <sub>2</sub>				PM10			
[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]		[µg/m <sup>3</sup> ]		[%]	
Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
-0.2	0.0	-0.8	0.0	0.0	8.8	0.0	23.8

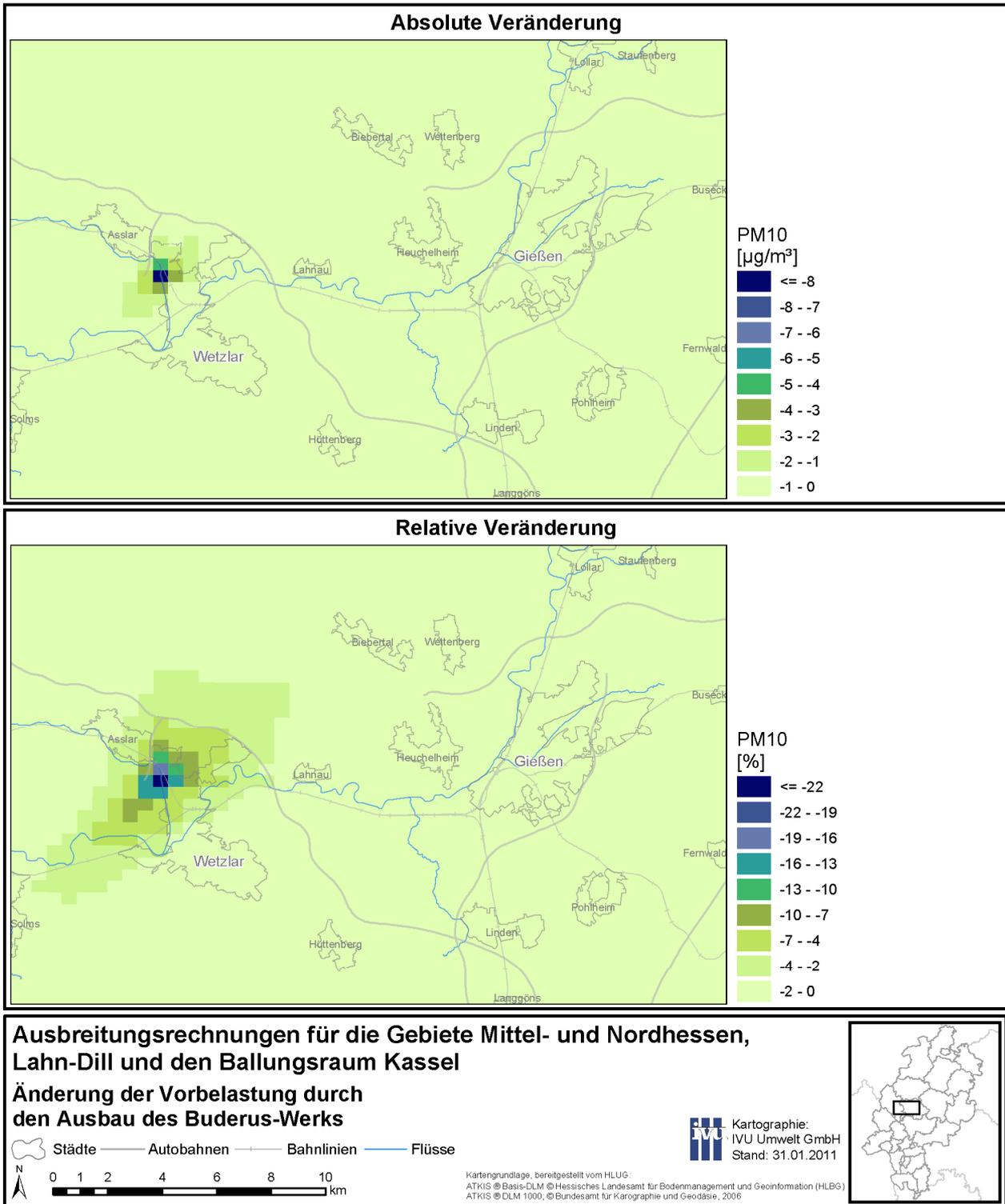
Die Auswirkungen auf die NO<sub>2</sub>-Vorbelastung sind mit absoluten und relativen Zunahmen unter 0.2 µg/m<sup>3</sup> bzw. 0.9 % sehr gering und den leicht gestiegenen NO<sub>x</sub>-Emissionen geschuldet.

Die Änderungen bei der PM10-Vorbelastung sind dagegen durchaus relevant, wenn auch lokal beschränkt. Aufgrund der Emissionsabgabe über höhere Schornsteine werden im Nahbereich der Buderus-Werke bis zu 8 µg/m<sup>3</sup> geringere PM10-Jahresmittelwerte berechnet. Dies entspricht relativen Abnahmen bis zu 24 %.

Auch hier gilt die im Abschnitt 6.3.7 diskutierte Einschränkung, dass ein Gittermodell nur bedingt geeignet ist, die Konzentrationsbeiträge punktförmiger Emissionen im Nahbereich zu bestimmen und zur immissionsseitigen Beurteilung von Industrieanlagen bzw. in entsprechenden Genehmigungsverfahren dementsprechend andere Modelle eingesetzt werden (TA LUFT, 2002). Als weitere Schwierigkeit kommt hinzu, dass die Änderung hauptsächlich auf eine Änderung der Ablassbedingungen zurückzuführen ist. Damit werden die Ergebnisse nicht nur von der Änderung der vorgegebenen physikalischen Schornsteinhöhen bestimmt, sondern auch von der Änderung der auf Basis der Schornsteinparameter berechneten Schornsteinüberhöhung. Diese Berechnungen sind sehr sensitiv bezüglich der Schornsteinparameter wie Volumenstrom und Abgastemperatur und mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet. Die Interpretation der hier vorgestellten Ergebnisse für die isolierten Punktquellenbetrachtungen sollte diese Umstände berücksichtigen.



**Abbildung 6-76: NO<sub>2</sub>-Vorbelastungsänderung in Wetzlar durch den Ausbau des Buderus-Werks absolut (oben) und relativ (unten)**



**Abbildung 6-77: PM10-Vorbelastungsänderung in Wetzlar durch den Ausbau des Buderus-Werks absolut (oben) und relativ (unten)**

#### 6.4 Variation der meteorologischen Bedingungen im Modellgebiet Kassel

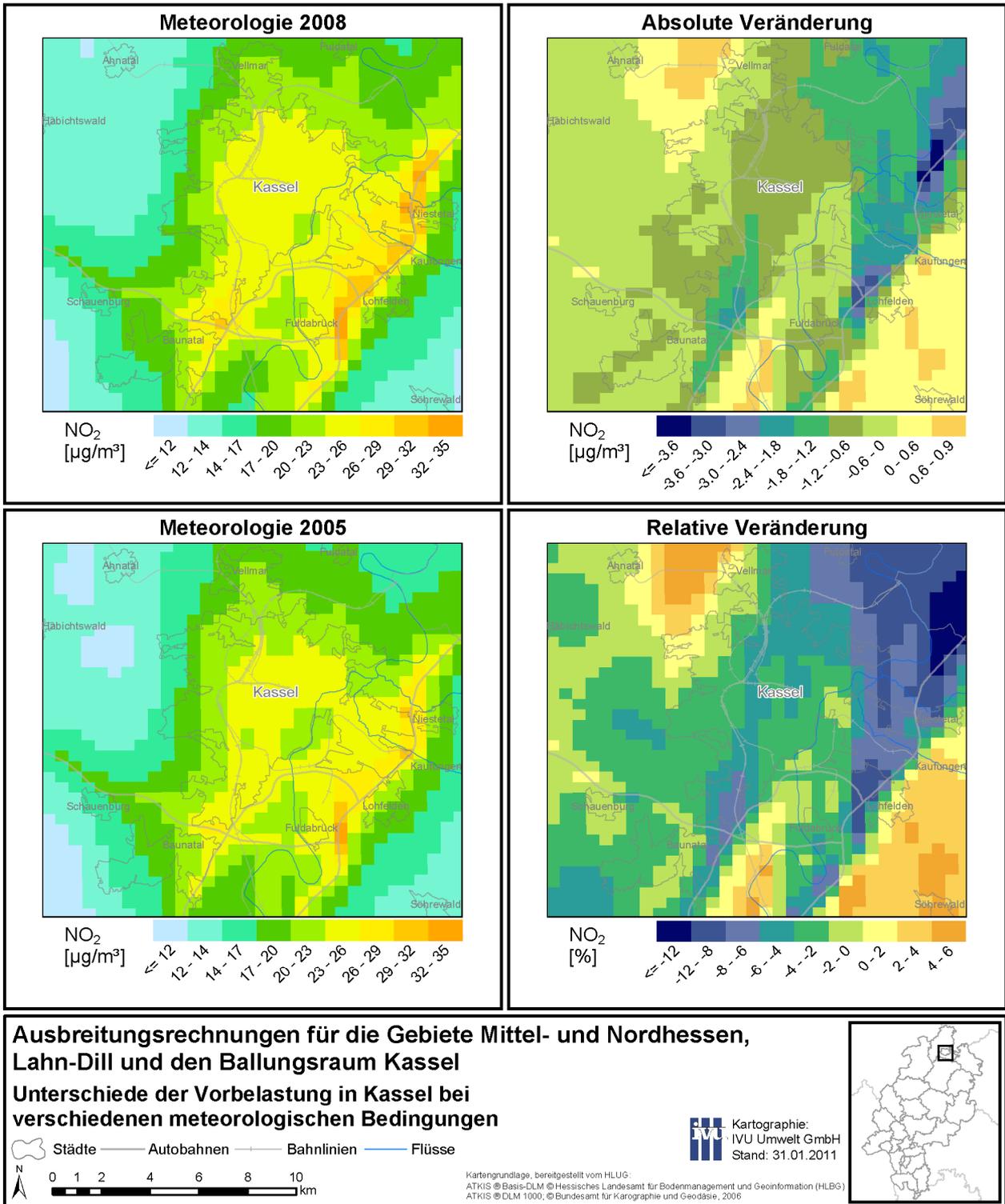
Im letzten Szenario wurde der Einfluss der meteorologischen Bedingungen auf die berechnete Vorbelastung untersucht. Dazu wurde für das Modellgebiet Kassel die Basis-simulation in allen betrachteten Skalen unter den meteorologischen Bedingungen des Jahres 2005 wiederholt. Alle anderen Eingangsdaten blieben unverändert. Abbildung 6-78 zeigt die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte, Abbildung 6-79 die PM10-Jahresmittelwerte im Modellgebiet Kassel unter den meteorologischen Bedingungen 2008 und 2005 sowie die Veränderungen der Vorbelastung durch den Wechsel der Meteorologie.

**Tabelle 6-10: Änderung der Vorbelastung durch den Wechsel des meteorologischen Referenzjahres von 2008 auf 2005**

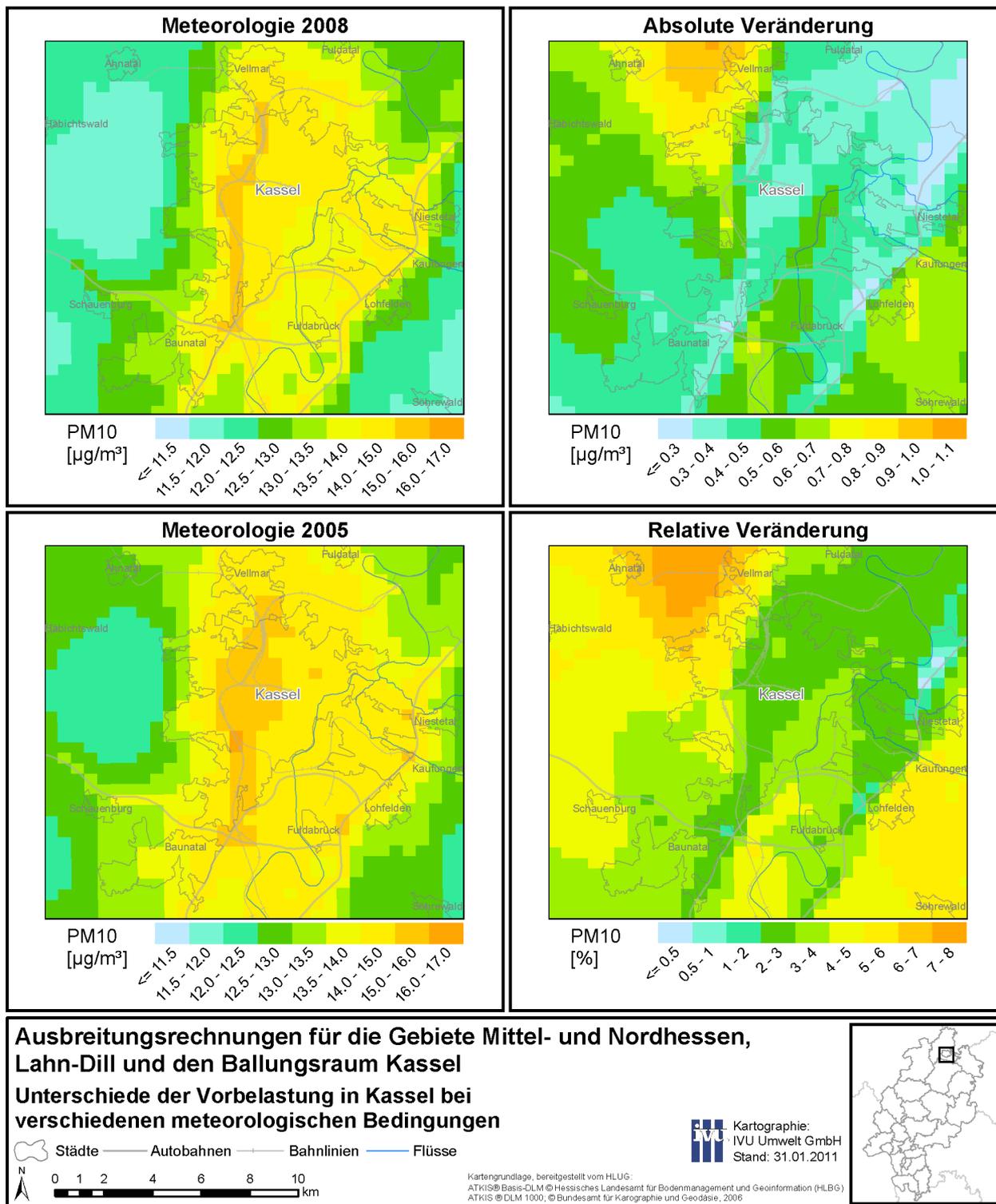
	NO <sub>2</sub>		PM10	
	Min	Max	Min	Max
Meteorologie 2008 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	11.6	34.0	11.6	15.6
Meteorologie 2005 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	11.2	32.9	12.1	16.1
Absolute Veränderung [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	-4.2	0.9	0.0	1.0
Relative Veränderung [%]	-14.6	5.8	0.3	7.9

Insgesamt liegen die Unterschiede zwischen den beiden Simulationen im Rahmen dessen, was auf Grund der interannuellen meteorologischen Variation zu erwarten ist. Die NO<sub>2</sub>-Vorbelastungswerte im Stadtgebiet von Kassel sind unter den meteorologischen Bedingungen 2005 im Mittel etwa um  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  niedriger als unter den meteorologischen Bedingungen 2008. Im hessischen Teil des Untersuchungsgebiets kommen Abnahmen bis zu  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und auch leichte Zunahmen bis zu etwa  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vor. Bei der PM10-Belastung ist das Bild ein anderes und die Verwendung der Meteorologie 2005 führt im Stadtgebiet Kassel zu um etwa  $0.3$  bis  $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höheren PM10-Jahresmittelwerten. Am Nordrand des Untersuchungsgebiets treten auch leicht höhere Zunahmen auf. Diese zu NO<sub>2</sub> gegenläufige Änderung dürfte eine Folge des hohen Ferntransportanteils bei den PM10-Immissionen sein. Die NO<sub>2</sub>-Immissionen werden zum Großteil durch die lokalen Emissionen und damit auch die lokalen meteorologischen Bedingungen bestimmt. Die sekundären Aerosole, die einen wesentlichen Anteil der gesamten PM10-Masse stellen, entstehen während des Ferntransports und sind damit anderen meteorologischen Bedingungen unterworfen.

Insgesamt liegen die durch den Austausch des meteorologischen Referenzjahres bedingten Änderungen der Vorbelastung innerhalb Hessens zwischen -15 und 6 % bei NO<sub>2</sub> und zwischen 0 und 8 % bei PM10.



**Abbildung 6-78: NO<sub>2</sub>-Vorbelastung in Kassel bei meteorologischen Bedingungen 2008 und 2005 (links) und Unterschiede bezogen auf 2008 (rechts)**



**Abbildung 6-79: PM10-Vorbelastung in Kassel bei meteorologischen Bedingungen 2008 und 2005 (links) und Unterschiede bezogen auf 2008 (rechts)**



## 7 Ergebnisse Zusatz- und Gesamtbelastung

Gemäß der Methodik aus Abschnitt 5.2 wurde mit dem CPB-Modell die Zusatzbelastung in den ausgewählten Straßenräumen berechnet. Die Gesamtbelastung in den Straßenräumen wurde dann für NO<sub>2</sub> entsprechend Abschnitt 5.2.2 und für PM10 als Summe aus Vorbelastung und Zusatzbelastung bestimmt. Wie in Abschnitt 6.2 beschrieben, wurde die systematische Unterschätzung der PM10-Vorbelastung pauschal durch eine Erhöhung der modellierten PM10-Vorbelastungswerte um 19 % ausgeglichen.

### 7.1 Vergleich mit Messwerten

Innerhalb des Untersuchungsgebiets befinden sich vier verkehrsbezogene HLUK-Luftmessstationen, für die mit dem verwendeten Modellinstrumentarium Gesamtbelastungen berechnet wurden. Es handelt sich dabei um die Stationen Petersberger Straße in Fulda, Westanlage in Gießen, Fünffensterstraße in Kassel und Universitätsstraße in Marburg. Seit 2009 betreibt das HLUK vier zusätzliche NO<sub>2</sub>-Passivsammler in Limburg.

Da Luftschadstoffbelastungen außer von den Emissionen immer auch von der meteorologischen Situation abhängen, ist ein Vergleich zwischen Mess- und Modellwerten nur für das gleiche meteorologische Bezugsjahr aussagekräftig. Als solches wurde vom HLUK das Jahr 2008 festgelegt (siehe Abschnitt 4.1). Der Vergleich der für 2008 modellierten Werte mit den gemessenen Werten an den vier Verkehrsmessstationen nach HLUK (2009) findet sich in Tabelle 7-1.

**Tabelle 7-1: Vergleich von Messwerten 2008 mit der modellierten Gesamtbelastung**

Station	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]			PM10 [µg/m <sup>3</sup> ]		
	Messung	Modell	Abweichung	Messung	Modell	Abweichung
Fulda Petersberger Str.	48.9	35.7	-27 %	25.3	22.7	-10 %
Gießen Westanlage	47.5	35.8	-25 %	24.7	22.0	-11 %
Kassel Fünffensterstr.	53.8	48.6	-10 %	29.1	26.0	-11 %
Marburg Universitätsstr.	50.4	43.1	-15 %	21.1	24.5	16 %

Alle Modellwerte liegen innerhalb des Datenqualitätsziels für Modellierungen nach EU (2008) von nicht mehr als 30 % Abweichung bei NO<sub>2</sub> und nicht mehr als 50 % Abweichung bei PM10. Für NO<sub>2</sub> unterschätzt die Modellrechnung die Messungen an allen vier Stationen. Die Ursachen dafür liegen zum Einen wohl darin, dass schon die NO<sub>2</sub>-Vorbelastung unterschätzt wird und zum Anderen vermutlich in den Angaben zu und der daraus folgenden Parametrisierung von Verkehrsmenge, Verkehrsaufteilung und Verkehrsdynamik. Bei den PM10-Jahresmittelwerten werden die modellierten Werte mit überwiegend Unterschätzungen von etwa 10 % und einer Überschätzung von 16 % gut wiedergegeben.

In Tabelle 7-2 sind die gemessenen PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen den aus den modellierten PM10-Jahresmittelwerten gemäß Abschnitt 5.2.3 abgeleiteten Werten gegenübergestellt. Sowohl alle Messwerte als auch alle mit dem statistischen Ansatz ermittelten Modellwerte liegen deutlich unter dem erlaubten Grenzwert von 35 Tagen mit einem Mittelwert > 50 µg/m<sup>3</sup>.

**Tabelle 7-2: Vergleich von PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen 2008 aus Messwerten mit aus der Modellierung abgeleiteten Werten**

Station	Anzahl PM10-Tagesmittelwerte > 50 µg/m	
	Messung	Modell
Fulda Petersberger Str.	7	14
Gießen Westanlage	11	12
Kassel Fünffensterstr.	22	22
Marburg Universitätsstr.	5	18

In Tabelle 7-3 sind die Messwerte der vier Passivsammler in Limburg den für deren Standorte modellierten Werten gegenüber gestellt. Für die vier Passivsammler liegen für 2008 keine Messdaten vor. Vergleicht man für die Jahre 2008 und 2009 die NO<sub>2</sub>-Messwerte aller hessischen Verkehrsmessstationen und Passivsammler HLUG (2009, 2010A, 2010B), die in beiden Jahren gemessen haben, so ergibt sich dass die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte 2008 im Mittel 97 % der Werte des Jahres 2009 erreichen. Wendet man dies auf die Ergebnisse der NO<sub>2</sub>-Passivsammler in Limburg für 2009 an, erhält man die näherungsweise für 2008 korrigierten Werte in Tabelle 7-3. Im Vergleich zu den modellierten Werten ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den o. g. Messstationen. Dazu sei betont, dass ein Vergleich von Messungen für das Jahr 2009 mit Berechnungen für das Jahr 2008 nur mit Einschränkung bewertet werden kann, da sowohl die Emissionsbedingungen als auch die meteorologischen Bedingungen im Jahre 2008 mit großer Wahrscheinlichkeit nur bedingt mit denen für 2009 übereinstimmen.

**Tabelle 7-3: Gegenüberstellung von angepassten Messwerten der Passivsammler mit der modellierten Gesamtbelastung. Näheres s. Text.**

Passivsammler	NO <sub>2</sub> [ µg/m <sup>3</sup> ]		
	Messung	Modell	Abweichung
Limburg Diezer Straße 49-51	50.6	50.1	-1 %
Limburg Frankfurter Straße 52	61.1	48.5	-21 %
Limburg Schiede 28-30	65.9	54.7	-17 %
Limburg Schiede 37-41	54.4	51.6	-5 %

## 7.2 Basisfall 2008

In Tabelle 7-4 bis Tabelle 7-7 sowie in Abbildung 7-1 bis Abbildung 7-4 sind für NO<sub>2</sub> die Gesamtbelastung sowie die absoluten und relativen Anteile der einzelnen Verursachergruppen für die ausgewählten 87 Straßenräume als Ergebnis der RCG- und CPB-Modellrechnungen in der Sortierung entsprechend Abschnitt 4.2 dargestellt. Dabei wurde jeweils die Maximalkonzentration der beiden Aufpunkte rechts und links der Straße ausgewertet. Zur besseren Orientierung wurden dabei für NO<sub>2</sub> berechnete Gesamtbelastungen in Höhe des Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> oder darüber in rot und Werte, die den Grenzwert bis auf 10 bzw. 20 % erreichen, also mindestens 36 bzw. 32 µg/m<sup>3</sup> betragen, in Orange bzw. Gelb dargestellt. Für PM10 wurden die berechneten Gesamtbelastungen in Höhe von 30 µg/m<sup>3</sup> oder darüber in rot dargestellt, denen entsprechend gemäß dem statistischen Ansatz aus Abschnitt 5.2.3 eine Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums von mehr als 35 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> zugeordnet werden kann. Die einzelnen Quellgruppen tragen durch Emissionen außerhalb von Hessen auch zum Ferntransport in das Untersuchungsgebiet bei und die Anteile der einzelnen Quellgruppen an der gesamten Vorbelastung sind damit streng genommen höher, als die hier ermittelten Beiträge aufgrund von Emissionen in Hessen.

In Tabelle 7-8 bis Tabelle 7-11 sowie in Abbildung 7-5 bis Abbildung 7-8 folgen analoge Darstellungen für PM<sub>10</sub>.

### 7.2.1 NO<sub>2</sub>

Die Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung an den untersuchten Straßenabschnitten weisen bei einem Mittelwert von 33 µg/m<sup>3</sup> mit Werten zwischen 18 und 57 µg/m<sup>3</sup> eine große Spannweite auf. Die Spitzenwerte der NO<sub>2</sub>-Belastung werden mit über 50 µg/m<sup>3</sup> in

- Limburg: Diezer Str. 49-51,
- Limburg: Frankfurter Str. 52,
- Limburg: Schiede 28-30,
- Kassel: Brüderstr. 5,
- Kassel: Holländische Str. 157,
- Kassel: Mauerstr. 11 und
- Kassel: Schönfelder Str. 50

erreicht.

Für 16 der untersuchten Straßenabschnitte werden Belastungen über dem 2008 gültigen Grenzwert incl. Toleranzmarge der 39. BImSchV (2010) in Höhe von 44 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Für 19 Straßenabschnitte liegen die berechneten Werte über dem seit 2010 gültigen Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>. An zwei weiteren Abschnitten wird der Grenzwert mit berechneten 40 µg/m<sup>3</sup> erreicht. Leitet man aus dem Vergleich mit den Messwerten in Abschnitt 7.1 einen Sicherheitszuschlag in Höhe von 20 % ab und wendet diesen auf die modellierten Gesamtbelastungen an, werden für insgesamt 35 Abschnitte Werte über 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Der Anteil der Abschnitte mit berechneten Grenzwertüberschreitungen liegt damit, je nach Auswertungsvariante, zwischen 18 und 40 %.

Mit Werten zwischen 9 und 43 µg/m<sup>3</sup> bei einem Mittelwert von 21 µg/m<sup>3</sup> und entsprechenden Anteilen zwischen 47 und 76 % ist der Kfz-Verkehr mit einem mittleren Anteil von 62 % die dominierende Quellgruppe. Der niedrigste Anteil wird für die Künzeller Str. 93 in Fulda berechnet, der höchste für die Schönfelder Str. 50 in Kassel. Dort sind 56 % der Gesamtbelastung durch den lokalen Verkehr auf dem Straßenabschnitt selbst verursacht, 64 % davon durch NO<sub>2</sub>-Direktemissionen und 36 % durch chemische Prozesse. Insgesamt liegt der Anteil der jeweils durch den lokalen Verkehr verursachten Belastung mit Werten zwischen 8 und 64 % im Mittel bei 35 %. Der mittlere Anteil der NO<sub>2</sub>-Direktemissionen an der durch lokalen Verkehr verursachten Belastung liegt bei 54 % und an der insgesamt durch Kfz-Verkehr verursachten Belastung bei 30 %.

Der Anteil der Quellgruppe Industrie ist mit Werten zwischen 0.4 µg/m<sup>3</sup> und 2.5 µg/m<sup>3</sup> bei einem Mittelwert von 1 µg/m<sup>3</sup> eher gering. Etwa zweieinhalb mal so groß ist der Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher mit Werten zwischen 1.1 µg/m<sup>3</sup> und 4 µg/m<sup>3</sup> bei einem Mittelwert von 2.6 µg/m<sup>3</sup>. Die Anteile der Quellgruppen Industrie sowie Gebäudeheizung und Kleinverbraucher liegen bei Spannweiten von 7 % bzw. 10 % im Mittel bei 3 % bzw. 8 %.

**Tabelle 7-4: Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO<sub>2</sub> absolut im Basisfall in µg/m<sup>3</sup> für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg**

ID	Stadt	Straße	Gesamt	Vorbelastung						Zusatzbelastung		
				Gesamt	FT	Sonstige	Ind	Gh/KV	Kfz	PC	direkt	
1		Bahnhofstr.	20.7	14.1	7.6	0.7	0.4	1.6	3.8	3.5	3.2	
2	Bad	Adolfstr.	23.5	13.8	7.6	0.7	0.4	1.7	3.4	4.6	5.1	
3	Schwalbach	Adolfstr.	37.6	13.7	7.6	0.7	0.4	1.7	3.3	11.0	13.0	
4		Rheinstr./Am Kurpark	33.8	12.7	7.6	0.6	0.4	1.1	3.0	9.7	11.4	
5		Reitallee/Am Kurpark	19.7	13.4	7.6	0.7	0.4	1.7	3.1	3.3	3.0	
6		Eschwege	Niederhorner Str.	22.0	13.6	5.2	1.1	0.4	1.6	5.2	3.4	5.0
7			Frankfurter Str. 16	25.6	16.0	5.0	1.7	1.1	2.1	6.2	4.5	5.1
8		Haimbacher Str. 38	18.8	14.8	4.9	1.6	1.4	2.1	4.9	1.8	2.3	
9		Heinrichstr. 33	24.6	18.5	5.0	2.0	1.3	2.6	7.7	3.4	2.7	
10		Horaser Weg 40	22.6	16.9	4.9	1.8	1.7	2.5	6.0	2.8	3.0	
11		Königstr. 52	24.2	17.6	4.9	1.9	1.2	2.4	7.1	3.5	3.2	
12	Fulda	Kohlhäuser Str. 121	21.7	16.7	5.0	1.7	0.8	1.8	7.3	2.2	2.8	
13		Kreuzbergstr. 27	21.3	18.5	5.0	1.9	0.9	2.4	8.4	1.8	1.1	
14		Künzeller Str. 93	20.1	17.3	5.0	2.0	1.1	2.6	6.6	1.5	1.3	
15		Leipziger Str. 94	32.4	18.8	4.9	2.1	1.3	2.7	7.9	6.8	6.8	
16		Niesiger Str. 23	25.6	16.6	4.9	1.8	1.7	2.3	5.8	4.6	4.4	
17		Petersberger Str. 24-26	35.7	18.5	5.0	2.0	1.3	2.6	7.7	9.0	8.2	
18		Zieherer Weg 43	23.6	18.9	5.0	2.1	1.2	2.7	7.9	2.3	2.4	
19		Bahnhofstr. 53	31.4	22.0	5.4	2.7	1.1	2.7	10.0	4.5	4.9	
20		Bismarckstr. 22	29.4	22.3	5.4	2.7	1.3	2.8	10.1	3.1	4.0	
21		Bleichstr. 9	28.1	22.2	5.4	2.7	1.2	2.8	10.2	2.6	3.2	
22		Frankfurter Str. 11	32.7	22.5	5.4	2.9	1.3	2.7	10.2	4.3	5.9	
23		Frankfurter Str. 72	27.9	22.3	5.4	2.8	1.5	2.5	10.1	2.5	3.0	
24		Frankfurter Str. 215	26.6	21.2	5.4	2.6	1.1	2.3	9.8	2.0	3.4	
25		Gießener Str. 128	27.3	21.6	5.4	2.3	1.0	2.6	10.3	2.3	3.4	
26		Grünberger Str. 10	36.2	22.3	5.4	2.7	1.3	2.8	10.1	5.9	8.0	
27		Krofdorfer Str. 18	32.8	20.8	5.4	2.5	1.0	2.6	9.3	4.7	7.3	
28		Ludwigstr. 42	28.8	22.5	5.4	2.9	1.3	2.8	10.2	2.8	3.5	
29	Gießen	Marburger Str. 36	30.7	21.7	5.4	2.5	1.1	2.8	9.9	4.0	5.0	
30		Neustadt 23	48.5	21.7	5.4	2.6	1.0	2.7	9.9	12.1	14.7	
31		Nordanlage 15	28.8	21.8	5.4	2.6	1.0	2.7	10.0	3.3	3.8	
32		Robert-Sommer-Str. 32	26.0	22.0	5.4	2.7	0.8	2.4	10.7	1.7	2.3	
33		Rodheimer Str. 36	31.3	20.8	5.4	2.5	1.0	2.6	9.3	4.1	6.4	
34		Schiffenberger Weg 35	29.4	22.2	5.3	2.6	1.5	2.7	10.0	2.9	4.2	
35		Schulstr./Neuen Bäume 6	40.0	22.3	5.4	2.7	1.1	2.8	10.3	7.8	10.0	
36		Sudetenlandstr. 13	23.3	21.3	5.4	2.5	1.1	2.7	9.6	1.0	0.9	
37		Südanlage 30	42.0	22.2	5.4	2.7	1.2	2.8	10.2	8.8	10.9	
38		Westanlage 28	35.8	22.0	5.4	2.7	1.1	2.7	10.0	6.5	7.3	
39		Wetzlarer Str. 57	23.8	20.3	5.4	2.4	1.0	2.2	9.3	1.3	2.1	
60		Diezer Str. 49-51	50.1	25.7	13.4	1.8	2.2	1.4	6.9	10.9	13.6	
61		Frankfurter Str. 52	48.5	26.1	12.0	1.8	0.9	1.3	10.1	9.3	13.2	
62	Limburg	Schiede 28-30	54.7	26.4	12.6	1.9	1.2	1.6	9.1	12.4	16.0	
63		Schiede 37-41	51.6	26.4	12.6	1.9	1.2	1.6	9.1	12.1	13.2	
64		Stephanshügel	46.2	26.3	12.5	1.9	1.1	1.5	9.2	7.8	12.1	

Vorbelastung: Ferntransport (FT), Industrie (Ind), Gebäudeheizung und Kleinverbraucher (Gh/KV);

Zusatzbelastung Kfz-Verkehr: Photochemie (PC), NO<sub>2</sub>-Direktemission (direkt).

Rot: Berechnete Gesamtbelastungen in Höhe des Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> oder darüber; Orange und

Gelb: Werte, die den Grenzwert bis auf 10 bzw. 20 % erreichen (mindestens 36 bzw. 32 µg/m<sup>3</sup>)

**Tabelle 7-5: Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO<sub>2</sub> relativ im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg**

ID	Stadt	Straße	Gesamt [µg/m <sup>3</sup> ]	Vorbelastung					Zusatzbelastung direkt		
				Gesamt	FT	Sonstige	Ind	Gh/KV	Kfz	PC	direkt
1		Bahnhofstr.	20.7	68%	37%	4%	2%	8%	18%	17%	16%
2	Bad	Adolfstr.	23.5	59%	32%	3%	2%	7%	15%	20%	22%
3	Schwal-	Adolfstr.	37.6	36%	20%	2%	1%	5%	9%	29%	34%
4	bach	Rheinstr./Am Kurpark	33.8	38%	22%	2%	1%	3%	9%	29%	34%
5		Reitallee/Am Kurpark	19.7	68%	39%	4%	2%	8%	16%	17%	15%
6	Eschwege	Niederhorner Str.	22.0	62%	24%	5%	2%	7%	24%	15%	23%
7		Frankfurter Str. 16	25.6	63%	19%	7%	4%	8%	24%	17%	20%
8		Haimbacher Str. 38	18.8	79%	26%	8%	7%	11%	26%	9%	12%
9		Heinrichstr. 33	24.6	75%	20%	8%	5%	11%	31%	14%	11%
10		Horaser Weg 40	22.6	74%	22%	8%	8%	11%	26%	12%	13%
11		Königstr. 52	24.2	73%	20%	8%	5%	10%	29%	14%	13%
12	Fulda	Kohlhäuser Str. 121	21.7	77%	23%	8%	4%	8%	34%	10%	13%
13		Kreuzbergstr. 27	21.3	87%	23%	9%	4%	11%	39%	8%	5%
14		Künzeller Str. 93	20.1	86%	25%	10%	5%	13%	33%	8%	7%
15		Leipziger Str. 94	32.4	58%	15%	7%	4%	8%	24%	21%	21%
16		Niesiger Str. 23	25.6	65%	19%	7%	7%	9%	23%	18%	17%
17		Petersberger Str. 24-26	35.7	52%	14%	5%	4%	7%	22%	25%	23%
18		Zieherser Weg 43	23.6	80%	21%	9%	5%	12%	33%	10%	10%
19		Bahnhofstr. 53	31.4	70%	17%	9%	4%	9%	32%	14%	16%
20		Bismarckstr. 22	29.4	76%	18%	9%	4%	10%	34%	10%	14%
21		Bleichstr. 9	28.1	79%	19%	10%	4%	10%	36%	9%	12%
22		Frankfurter Str. 11	32.7	69%	16%	9%	4%	8%	31%	13%	18%
23		Frankfurter Str. 72	27.9	80%	19%	10%	5%	9%	36%	9%	11%
24		Frankfurter Str. 215	26.6	80%	20%	10%	4%	9%	37%	7%	13%
25		Gießener Str. 128	27.3	79%	20%	9%	4%	10%	38%	9%	12%
26		Grünberger Str. 10	36.2	62%	15%	8%	4%	8%	28%	16%	22%
27		Krofdorfer Str. 18	32.8	63%	17%	8%	3%	8%	28%	14%	22%
28		Ludwigstr. 42	28.8	78%	19%	10%	4%	10%	36%	10%	12%
29	Gießen	Marburger Str. 36	30.7	71%	18%	8%	4%	9%	32%	13%	16%
30		Neustadt 23	48.5	45%	11%	5%	2%	6%	21%	25%	30%
31		Nordanlage 15	28.8	76%	19%	9%	4%	10%	35%	11%	13%
32		Robert-Sommer-Str. 32	26.0	85%	21%	10%	3%	9%	41%	7%	9%
33		Rodheimer Str. 36	31.3	66%	17%	8%	3%	8%	30%	13%	20%
34		Schiffenberger Weg 35	29.4	76%	18%	9%	5%	9%	34%	10%	14%
35		Schulstr./Neuen Bäume 6	40.0	56%	13%	7%	3%	7%	26%	19%	25%
36		Sudetenlandstr. 13	23.3	92%	23%	11%	5%	11%	41%	4%	4%
37		Südanlage 30	42.0	53%	13%	7%	3%	7%	24%	21%	26%
38		Westanlage 28	35.8	61%	15%	8%	3%	8%	28%	18%	20%
39		Wetzlarer Str. 57	23.8	85%	23%	10%	4%	9%	39%	6%	9%
60		Diezer Str. 49-51	50.1	51%	27%	4%	4%	3%	14%	22%	27%
61		Frankfurter Str. 52	48.5	54%	25%	4%	2%	3%	21%	19%	27%
62	Limburg	Schiede 28-30	54.7	48%	23%	3%	2%	3%	17%	23%	29%
63		Schiede 37-41	51.6	51%	24%	4%	2%	3%	18%	23%	26%
64		Stephanshügel	46.2	57%	27%	4%	2%	3%	20%	17%	26%

Vorbelastung: Ferntransport (FT), Industrie (Ind), Gebäudeheizung und Kleinverbraucher (Gh/KV);  
Zusatzbelastung Kfz-Verkehr: Photochemie (PC), NO<sub>2</sub>-Direktemission (direkt)

Rot: Berechnete Gesamtbelastungen in Höhe des Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> oder darüber; Orange und Gelb: Werte, die den Grenzwert bis auf 10 bzw. 20 % erreichen (mindestens 36 bzw. 32 µg/m<sup>3</sup>)

**Tabelle 7-6: Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO<sub>2</sub> absolut im Basisfall in µg/m<sup>3</sup> für Kassel, Marburg und Wetzlar**

ID	Stadt	Straße	Gesamt	Vorbelastung						Zusatzbelastung	
				Gesamt	FT	Sonstige	Ind	Gh/KV	Kfz	PC	direkt
40		Brüderstr. 5	54.1	24.5	6.2	2.5	0.9	3.4	11.5	12.2	17.5
41		Fünffensterstr. 14	48.6	24.0	6.1	2.5	0.9	3.4	11.1	11.7	12.9
42		Frankfurter Str. 102	48.7	24.5	6.0	2.8	0.7	3.4	11.5	10.2	14.1
43		Frankfurter Str. 247	33.6	24.2	5.9	2.6	0.6	3.1	12.0	4.4	5.0
44		Friedrich-Ebert-Str. 32	37.2	25.0	6.1	3.0	0.9	3.7	11.4	5.6	6.6
45		Holländische Str. 28	39.6	24.9	6.2	2.7	0.9	3.5	11.7	7.1	7.5
46		Holländische Str. 157	50.2	24.2	6.3	3.1	0.7	3.7	10.3	11.4	14.7
47		Ihringshäuser Str. 43	32.9	24.0	6.3	2.7	0.9	3.5	10.6	3.9	5.0
48		Kohlenstr. 40	44.1	24.7	6.1	3.3	0.6	3.9	10.8	8.6	10.8
49	Kassel	Konr.-Adenauer-Str. 73	18.2	16.1	6.1	1.2	0.4	1.6	6.8	1.1	1.0
50		Leipziger Str. 159	45.0	26.1	6.0	2.5	0.7	3.3	13.6	8.1	10.8
51		Mauerstr. 11	51.7	24.5	6.1	2.7	0.9	3.5	11.3	11.2	16.0
52		Obervellmarer Str. 4	32.9	20.7	6.4	2.1	0.5	3.2	8.6	5.5	6.7
53		Schönfelder Str. 6	36.8	25.4	6.1	3.5	0.7	3.9	11.2	5.9	5.6
54		Schönfelder Str. 50	56.6	24.9	6.1	3.1	0.7	3.7	11.4	14.0	17.7
55		Tischbeinstr. 18	34.4	24.6	6.1	2.8	0.9	3.5	11.3	4.7	5.2
56		Weserstr. 17	36.3	24.2	6.2	2.5	1.0	3.4	11.0	6.1	6.1
57		Wilhelmshöh. Allee 286	30.8	21.7	6.2	2.3	0.5	3.4	9.3	4.6	4.5
58		Wolfhager Str. 124	46.5	24.8	6.2	3.6	0.7	4.0	10.2	9.3	12.4
59	Ysenburgstr. 29	44.4	24.2	6.2	2.5	1.0	3.4	11.0	9.7	10.6	
65	Marburg	Am Grün 13	32.7	18.4	5.9	1.8	0.6	2.9	7.2	6.6	7.8
66		B3a St. Jost 24	28.6	19.4	5.9	1.9	0.5	2.7	8.4	4.3	4.9
67		Biegenstr. 24	30.1	19.6	5.9	1.9	0.6	2.8	8.5	6.1	4.4
68		Cölber Str. 9	25.4	16.5	6.1	1.6	0.7	2.0	6.1	3.7	5.2
69		Elisabethstr. 13	36.3	18.1	5.9	1.8	0.6	2.7	7.0	9.1	9.1
70		Schwanallee 53	26.3	18.8	5.9	1.8	0.6	2.7	8.0	3.5	4.0
71		Universitätsstr. 8	43.1	18.4	5.9	1.8	0.6	2.9	7.2	11.4	13.3
72		Zwetschenweg 6	26.9	16.4	5.9	1.4	0.6	2.5	5.9	4.5	6.0
73	Wetzlar	Bergstr. 17	26.1	17.9	6.0	1.5	0.7	2.1	7.6	3.2	5.0
74		Braunfelser Str. 4	24.0	17.8	6.2	1.7	1.1	1.9	6.8	2.5	3.7
75		Ernst-Leitz-Str. 36	42.5	18.3	6.1	1.6	0.8	2.2	7.7	11.6	12.7
76		Gloelstr. 15	35.0	20.3	6.1	2.0	0.7	2.2	9.3	6.7	8.0
77		Hauptstr. 4 (Aßlar)	30.6	16.2	6.4	1.1	0.7	1.6	6.5	5.8	8.7
78		Hermannsteiner Str.	25.5	20.3	6.1	2.1	1.3	2.2	8.6	2.2	3.1
79		Hermannsteiner Str. 35	36.5	20.3	6.2	1.9	2.5	2.1	7.7	6.4	9.8
80		Karl-Kellner-Ring 23	37.0	19.7	6.1	1.9	1.1	2.2	8.4	7.8	9.5
81		Kreisstr. 97	23.8	20.1	5.9	1.8	0.9	2.0	9.5	1.7	2.1
82		Nauborner Str. 38	28.7	16.8	6.0	1.4	0.7	2.1	6.6	4.5	7.3
83		Neustadt 60	23.8	19.7	6.1	1.9	1.1	2.2	8.4	1.8	2.2
84		Philosophenweg 14	20.3	17.5	6.0	1.4	0.8	2.2	7.2	1.2	1.5
85		Sophienstr. 1A	31.4	19.7	6.1	1.9	1.1	2.2	8.4	5.9	5.7
86		Weingartenstr. 8	25.1	19.5	6.1	1.8	1.8	2.1	7.8	2.3	3.3
87		Wetzlarer Str. 12	20.5	14.7	6.0	1.1	0.7	1.8	5.1	2.3	3.5
		<b>Mittelwert</b>	33.0	20.5	6.2	2.1	1.0	2.6	8.6	5.6	6.9
		<b>Min</b>	18.2	12.7	4.9	0.6	0.4	1.1	3.0	1.0	0.9
		<b>Max</b>	56.6	26.4	13.4	3.6	2.5	4.0	13.6	14.0	17.7

Vorbelastung: Ferntransport (FT), Industrie (Ind), Gebäudeheizung und Kleinverbraucher (Gh/KV);

Zusatzbelastung Kfz-Verkehr: Photochemie (PC), NO<sub>2</sub>-Direktemission (direkt)

Rot: Berechnete Gesamtbelastungen in Höhe des Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> oder darüber; Orange und

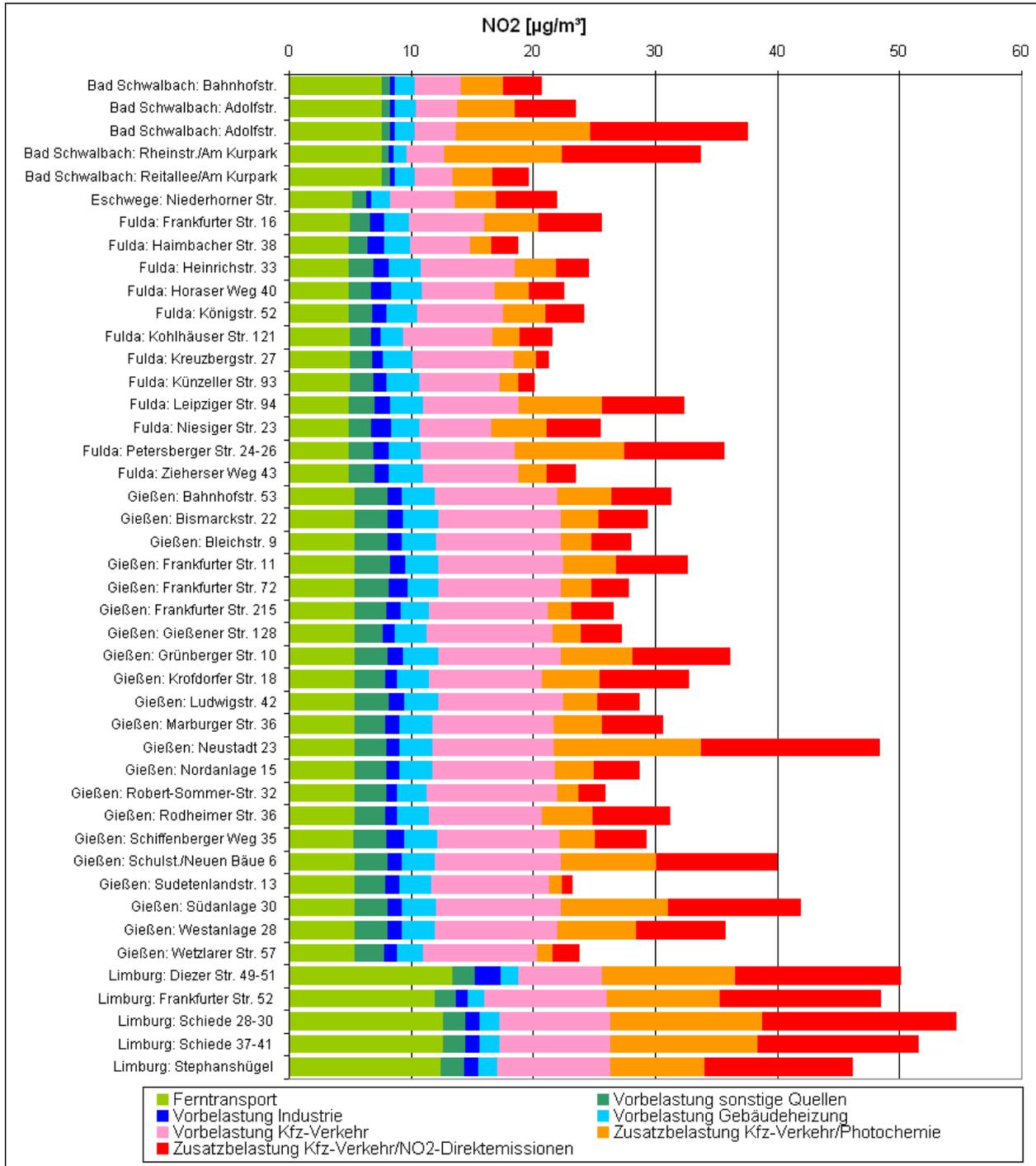
Gelb: Werte, die den Grenzwert bis auf 10 bzw. 20 % erreichen (mindestens 36 bzw. 32 µg/m<sup>3</sup>)

**Tabelle 7-7: Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO<sub>2</sub> relativ im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar**

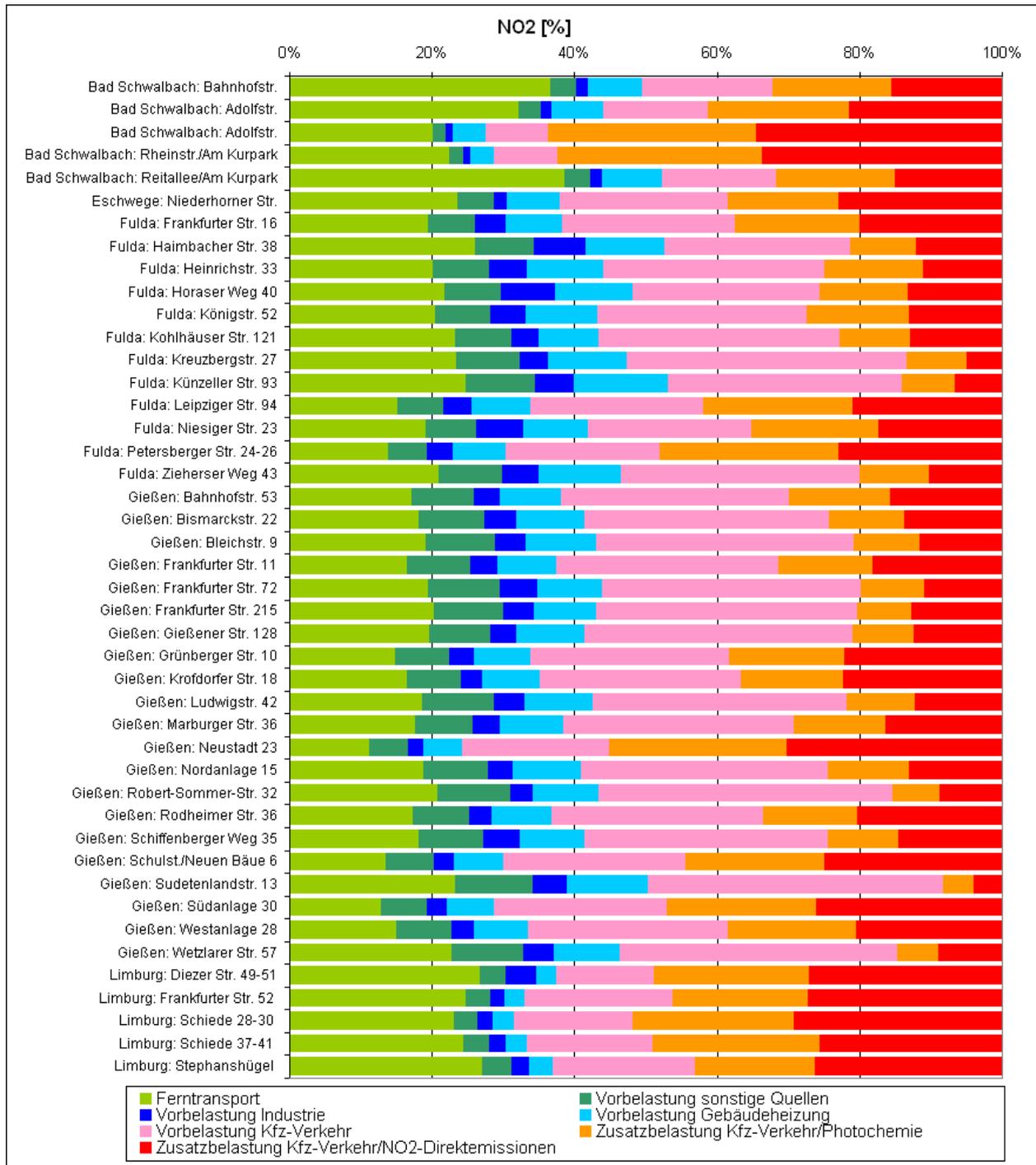
ID	Stadt	Straße	Gesamt [µg/m <sup>3</sup> ]	Vorbelastung					Zusatzbelastung di- rekt		
				Gesamt	FT	Sonstige	Ind	Gh/ KV	Kfz	PC	di- rekt
40		Brüderstr. 5	54.1	45%	11%	5%	2%	6%	21%	22%	32%
41		Fünffensterstr. 14	48.6	49%	13%	5%	2%	7%	23%	24%	26%
42		Frankfurter Str. 102	48.7	50%	12%	6%	1%	7%	24%	21%	29%
43		Frankfurter Str. 247	33.6	72%	18%	8%	2%	9%	36%	13%	15%
44		Friedrich-Ebert-Str. 32	37.2	67%	16%	8%	2%	10%	31%	15%	18%
45		Holländische Str. 28	39.6	63%	16%	7%	2%	9%	30%	18%	19%
46		Holländische Str. 157	50.2	48%	13%	6%	1%	7%	21%	23%	29%
47		Ihringshäuser Str. 43	32.9	73%	19%	8%	3%	11%	32%	12%	15%
48		Kohlenstr. 40	44.1	56%	14%	8%	1%	9%	25%	19%	25%
49	Kassel	Konr.-Adenauer-Str. 73	18.2	89%	34%	6%	2%	9%	37%	6%	5%
50		Leipziger Str. 159	45.0	58%	13%	6%	2%	7%	30%	18%	24%
51		Mauerstr. 11	51.7	47%	12%	5%	2%	7%	22%	22%	31%
52		Obervellmarer Str. 4	32.9	63%	19%	6%	1%	10%	26%	17%	20%
53		Schönfelder Str. 6	36.8	69%	17%	9%	2%	11%	30%	16%	15%
54		Schönfelder Str. 50	56.6	44%	11%	5%	1%	7%	20%	25%	31%
55		Tischbeinstr. 18	34.4	71%	18%	8%	3%	10%	33%	14%	15%
56		Weserstr. 17	36.3	67%	17%	7%	3%	9%	30%	17%	17%
57		Wilhelmshöh. Allee 286	30.8	70%	20%	7%	2%	11%	30%	15%	15%
58		Wolfhager Str. 124	46.5	53%	13%	8%	2%	9%	22%	20%	27%
59	Ysenburgstr. 29	44.4	54%	14%	6%	2%	8%	25%	22%	24%	
65	Marburg	Am Grün 13	32.7	56%	18%	5%	2%	9%	22%	20%	24%
66		B3a St. Jost 24	28.6	68%	20%	7%	2%	9%	29%	15%	17%
67		Biegenstr. 24	30.1	65%	20%	6%	2%	9%	28%	20%	15%
68		Cölber Str. 9	25.4	65%	24%	6%	3%	8%	24%	15%	20%
69		Elisabethstr. 13	36.3	50%	16%	5%	2%	7%	19%	25%	25%
70		Schwanallee 53	26.3	72%	22%	7%	2%	10%	30%	13%	15%
71		Universitätsstr. 8	43.1	43%	14%	4%	1%	7%	17%	26%	31%
72		Zwetschenweg 6	26.9	61%	22%	5%	2%	9%	22%	17%	22%
73	Wetzlar	Bergstr. 17	26.1	69%	23%	6%	3%	8%	29%	12%	19%
74		Braunfelser Str. 4	24.0	74%	26%	7%	5%	8%	28%	11%	15%
75		Ernst-Leitz-Str. 36	42.5	43%	14%	4%	2%	5%	18%	27%	30%
76		Gloelstr. 15	35.0	58%	17%	6%	2%	6%	27%	19%	23%
77		Hauptstr. 4 (Aßlar)	30.6	53%	21%	4%	2%	5%	21%	19%	28%
78		Hermannsteiner Str.	25.5	79%	24%	8%	5%	8%	34%	9%	12%
79		Hermannsteiner Str. 35	36.5	56%	17%	5%	7%	6%	21%	18%	27%
80		Karl-Kellner-Ring 23	37.0	53%	17%	5%	3%	6%	23%	21%	26%
81		Kreisstr. 97	23.8	84%	25%	8%	4%	8%	40%	7%	9%
82		Nauborner Str. 38	28.7	59%	21%	5%	2%	7%	23%	16%	25%
83		Neustadt 60	23.8	83%	26%	8%	5%	9%	35%	8%	9%
84		Philosophenweg 14	20.3	87%	30%	7%	4%	11%	35%	6%	7%
85		Sophienstr. 1A	31.4	63%	19%	6%	4%	7%	27%	19%	18%
86		Weingartenstr. 8	25.1	78%	24%	7%	7%	8%	31%	9%	13%
87		Wetzlarer Str. 12	20.5	72%	29%	6%	3%	9%	25%	11%	17%
		<b>Mittelwert</b>	33.0	65%	20%	7%	3%	8%	27%	16%	19%
		<b>Min</b>	18.2	36%	11%	2%	1%	3%	9%	4%	4%
		<b>Max</b>	56.6	92%	39%	11%	8%	13%	41%	29%	34%

Vorbelastung: Ferntransport (FT), Industrie (Ind), Gebäudeheizung und Kleinverbraucher (Gh/KV);  
Zusatzbelastung Kfz-Verkehr: Photochemie (PC), NO<sub>2</sub>-Direktemission (direkt)

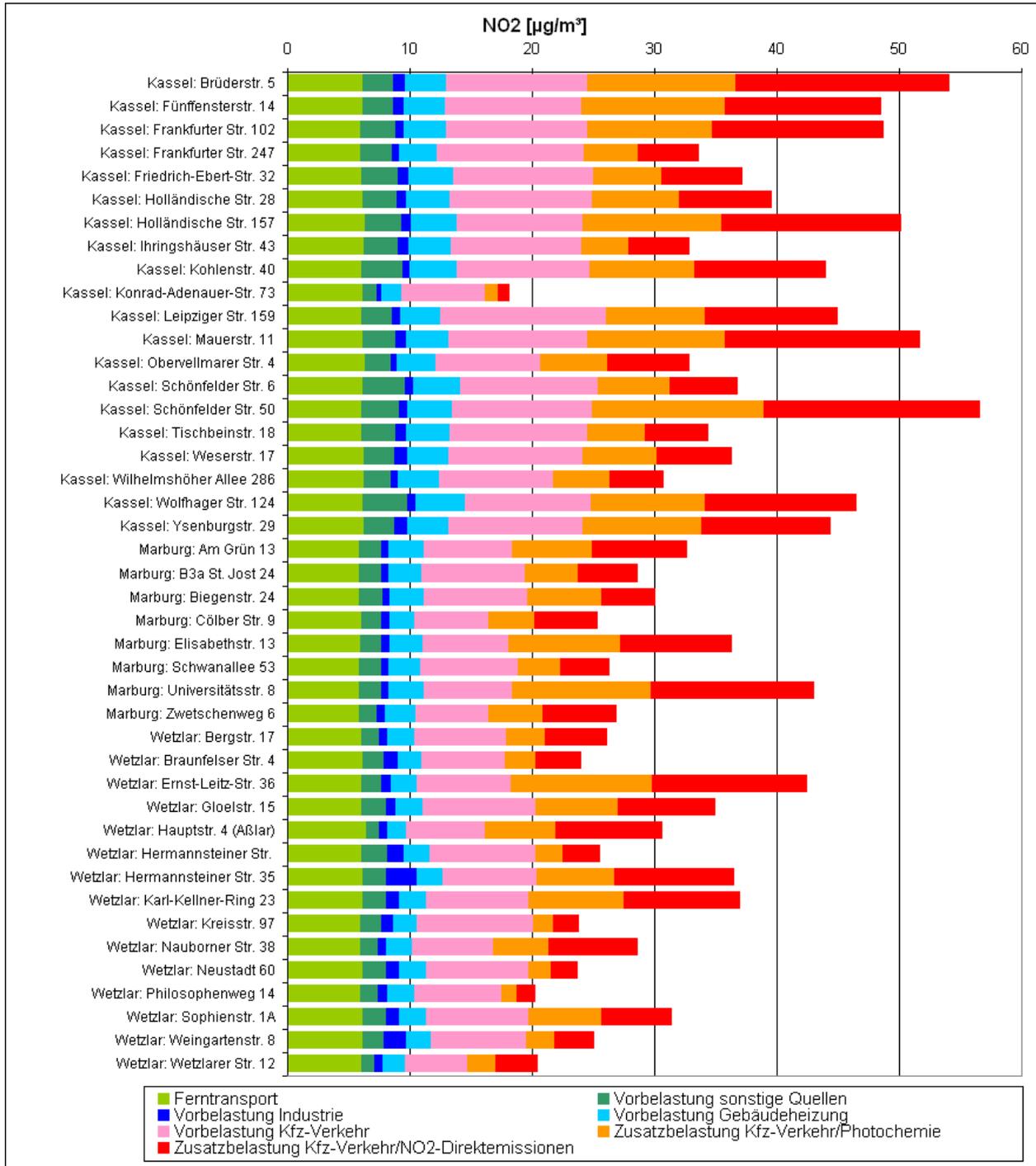
Rot: Berechnete Gesamtbelastungen in Höhe des Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> oder darüber; Orange und Gelb: Werte, die den Grenzwert bis auf 10 bzw. 20 % erreichen (mindestens 36 bzw. 32 µg/m<sup>3</sup>)



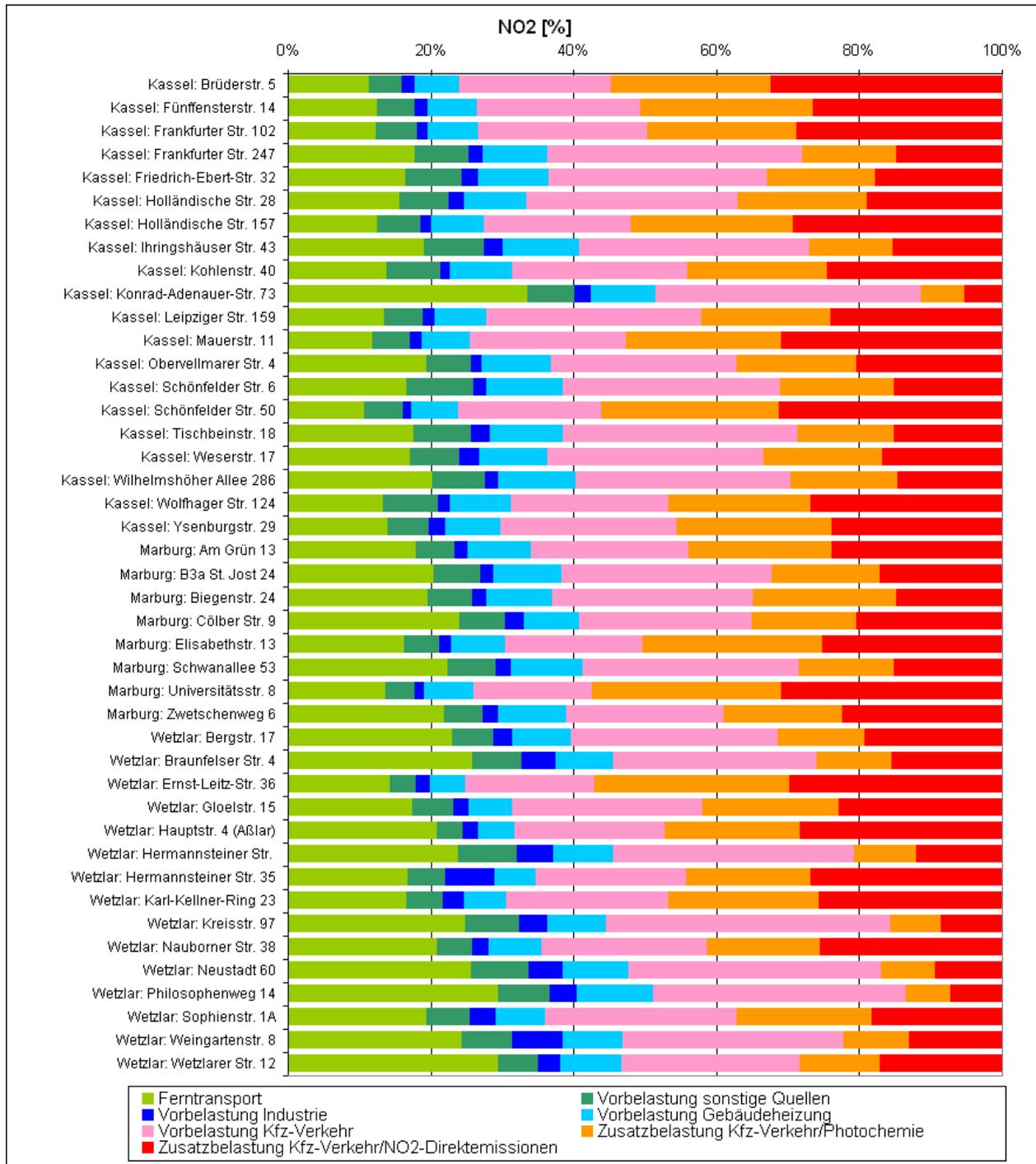
**Abbildung 7-1: Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO<sub>2</sub> absolut im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg**



**Abbildung 7-2: Verursacheranteile NO<sub>2</sub> relativ im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg**



**Abbildung 7-3: Gesamtbelastung und Verursacheranteile NO<sub>2</sub> absolut im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar**



**Abbildung 7-4: Verursacheranteile NO<sub>2</sub> relativ im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar**

### 7.2.2 PM10

Die berechneten Jahresmittelwerte der PM10-Gesamtbelastung an den untersuchten Straßenabschnitten weisen bei einem Mittelwert von  $21.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit Werten zwischen  $15.5$  und  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erwartungsgemäß eine deutlich geringere Spannbreite als die  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte auf. Für alle Straßenabschnitte liegen die berechneten Jahresmittelwerte deutlich unter dem Grenzwert der 39. BImSchV (2010) in Höhe von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Spitzenwerte der PM10-Belastung werden mit über  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in

- Limburg: Schiede 28-30,
- Limburg: Schiede 37-41 und
- Kassel: Schönfelder Str. 50

erreicht. Dies sind gleichzeitig auch die Abschnitte, denen gemäß dem statistischen Ansatz aus Abschnitt 5.2.3 eine Überschreitung des Tagesgrenzwertkriteriums der 39. BImSchV (2010) von mehr als 35 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zugeordnet werden kann. In der Diezer Str. 49-51 in Limburg werden bei einem Jahresmittelwert von  $29.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  35 Überschreitungstage berechnet.

Bei der Aufteilung der PM10-Gesamtbelastung nach Verursachern liegt die Vorbelastung für alle Straßenräume auf einem hohen Niveau von im Mittel  $16.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei Werten zwischen  $13.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $20.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. relativen Anteilen zwischen 54 und 96 % und einem Mittelwert von 77 %. In dieser Vorbelastung ist der Ferntransport, der hier als die durch alle außerhessische Emissionen verursachte Belastung definiert wird (s. Abschnitt 6.3.1), mit Werten zwischen  $8.5$  und  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Mittelwert von  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  enthalten. Die Anteile dieses Ferntransports an der Gesamtbelastung liegen zwischen 29 und 59 % im Mittel bei 43 %. Ebenfalls in der Vorbelastung enthalten ist der unbekannte Anteil aus der Korrektur der Vorbelastung (s. Abschnitt 6.2) in Höhe von  $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und einem Mittelwert von  $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , was relativen Anteilen an der Gesamtbelastung zwischen 9 und 15 % und im Mittel 12 % entspricht. Ein Teil dieses unbekanntes Anteils dürfte auch dem Ferntransport zuzuordnen sein.

Mit Werten zwischen  $1.7$  und  $16.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Mittelwert von  $6.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und entsprechenden Anteilen zwischen 11 und 52 % ist der Kfz-Verkehr mit einem mittleren Anteil von 29 % die größte innerhessische Quellgruppe. Der niedrigste Anteil wird für die Konrad-Adenauer-Str. 73 und der höchste für die Schönfelder Str. 50 in Kassel berechnet. Dort sind 46 % der Gesamtbelastung durch den lokalen Verkehr auf dem Straßenabschnitt selbst verursacht. Insgesamt liegt der Anteil der jeweils durch den lokalen Verkehr verursachten Belastung mit Werten zwischen 4 und 46 % im Mittel bei 23 %.

Der Beitrag der Quellgruppe Industrie ist mit Werten zwischen  $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Mittelwert von  $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und entsprechenden relativen Anteilen zwischen 1 und 21 % und im Mittel 3 % bis auf lokale Ausnahmen eher gering. Alle hohen absoluten und relativen Beiträge finden sich bei Abschnitten in Wetzlar. Ohne die Wetzlarer Abschnitte liegen die Anteile der Industrie zwischen  $0.1$  und  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Mittelwert von  $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und entsprechenden relativen Anteilen zwischen 0.5 und 2.7 % und im Mittel 1.4 %.

In vergleichbarer Größenordnung ist der Beitrag der Gebäudeheizung und Kleinverbraucher mit Werten zwischen  $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei einem Mittelwert von  $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Anteile der Quellgruppe liegen zwischen 1 % bzw. 4 % im Mittel bei 3 %.

Für PM10 finden sich auch relevante Beiträge sonstiger hessischer Emittenten aus den Quellgruppen Kleingewerbe, biogene und nicht gefasste Quellen, Flugverkehr sowie Schienenverkehr zwischen  $0.9$  und  $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und einem Mittelwert von  $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die

entsprechenden relativen Anteile liegen mit einem Mittelwert von 10 % zwischen 4 und 18 %.

**Tabelle 7-8: Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 absolut im Basisfall in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg**

ID	Stadt	Straße	Gesamt	Vorbelastung						Zusatzbel.	
				Gesamt	FT	unbek.	Sonstige	Ind	Gh/KV		Kfz
1		Bahnhofstr.	16.7	14.2	9.6	2.3	0.9	0.2	0.5	0.8	2.5
2	Bad	Adolfstr.	18.3	14.2	9.6	2.3	0.9	0.2	0.5	0.7	4.1
3	Schwal-	Adolfstr.	24.0	14.1	9.5	2.2	0.9	0.2	0.5	0.7	9.9
4	bach	Rheinstr./Am Kurpark	23.0	13.7	9.5	2.2	0.9	0.2	0.3	0.6	9.3
5		Reitallee/Am Kurpark	16.2	14.0	9.6	2.2	0.9	0.2	0.5	0.6	2.2
6	Eschwege	Niederhorner Str.	19.6	15.0	9.1	2.4	1.9	0.2	0.4	0.9	4.7
7		Frankfurter Str. 16	20.1	15.3	8.6	2.4	2.4	0.3	0.5	1.0	4.8
8		Haimbacher Str. 38	16.7	14.8	8.6	2.4	2.3	0.3	0.5	0.8	1.8
9		Heinrichstr. 33	18.1	15.9	8.6	2.5	2.7	0.3	0.6	1.2	2.2
10		Horaser Weg 40	17.3	15.2	8.6	2.4	2.4	0.3	0.6	0.9	2.0
11		Königstr. 52	17.4	15.7	8.6	2.5	2.5	0.3	0.6	1.2	1.8
12	Fulda	Kohlhäuser Str. 121	18.0	16.1	8.6	2.6	3.1	0.3	0.5	1.1	1.9
13		Kreuzbergstr. 27	16.9	16.0	8.6	2.6	2.8	0.3	0.6	1.2	0.9
14		Künzeller Str. 93	17.5	16.4	8.6	2.6	3.2	0.3	0.6	1.0	1.1
15		Leipziger Str. 94	21.8	16.0	8.6	2.5	2.8	0.3	0.6	1.2	5.8
16		Niesiger Str. 23	19.0	15.1	8.5	2.4	2.4	0.3	0.5	0.9	3.9
17		Petersberger Str. 24-26	22.7	15.9	8.6	2.5	2.7	0.3	0.6	1.2	6.8
18		Zieherer Weg 43	18.8	16.7	8.6	2.7	3.1	0.4	0.6	1.3	2.1
19		Bahnhofstr. 53	20.1	16.5	8.7	2.6	2.5	0.4	0.6	1.6	3.6
20		Bismarckstr. 22	18.7	16.2	8.7	2.6	2.2	0.4	0.6	1.6	2.5
21		Bleichstr. 9	18.9	16.3	8.7	2.6	2.3	0.4	0.6	1.7	2.6
22		Frankfurter Str. 11	19.6	16.4	8.7	2.6	2.4	0.4	0.6	1.6	3.2
23		Frankfurter Str. 72	18.5	16.5	8.7	2.6	2.6	0.4	0.6	1.6	2.0
24		Frankfurter Str. 215	18.8	16.4	8.7	2.6	2.7	0.4	0.5	1.4	2.4
25		Gießener Str. 128	18.4	16.0	8.6	2.6	2.2	0.5	0.6	1.6	2.3
26		Grünberger Str. 10	21.6	16.2	8.7	2.6	2.2	0.4	0.6	1.6	5.4
27		Krofdorfer Str. 18	21.7	16.1	8.7	2.6	2.4	0.5	0.6	1.4	5.6
28		Ludwigstr. 42	18.9	16.3	8.7	2.6	2.3	0.4	0.6	1.6	2.6
29	Gießen	Marburger Str. 36	19.7	16.2	8.7	2.6	2.3	0.5	0.6	1.6	3.5
30		Neustadt 23	25.5	16.4	8.7	2.6	2.5	0.4	0.6	1.6	9.1
31		Nordanlage 15	19.2	16.4	8.7	2.6	2.4	0.4	0.6	1.6	2.8
32		Robert-Sommer-Str. 32	17.9	16.3	8.7	2.6	2.4	0.4	0.5	1.6	1.6
33		Rodheimer Str. 36	20.2	16.1	8.7	2.6	2.4	0.5	0.6	1.4	4.1
34		Schiffenberger Weg 35	19.3	16.1	8.7	2.6	2.2	0.4	0.6	1.5	3.3
35		Schulstr./Neuen Bäue 6	21.5	16.4	8.7	2.6	2.3	0.4	0.6	1.7	5.1
36		Sudetenlandstr. 13	17.0	16.3	8.7	2.6	2.4	0.5	0.6	1.5	0.7
37		Südanlage 30	23.2	16.3	8.7	2.6	2.3	0.4	0.6	1.7	6.9
38		Westanlage 28	22.0	16.5	8.7	2.6	2.5	0.4	0.6	1.6	5.5
39		Wetzlarer Str. 57	17.6	15.9	8.8	2.5	2.4	0.4	0.5	1.3	1.7
60		Diezer Str. 49-51	29.9	17.3	11.5	2.8	1.1	0.4	0.4	1.2	12.5
61	Limburg	Frankfurter Str. 52	26.6	17.4	11.1	2.8	1.3	0.4	0.4	1.5	9.2
62		Schiede 28-30	33.0	17.7	11.2	2.8	1.2	0.4	0.4	1.6	15.3
63		Schiede 37-41	30.6	17.7	11.2	2.8	1.2	0.4	0.4	1.6	12.9
64		Stephanshügel	28.5	17.7	11.2	2.8	1.3	0.4	0.4	1.5	10.8

Vorbelastung: Ferntransport (FT), unbekannt (unbek.), Industrie (Ind), Gebäudeheizung und Kleinverbraucher (Gh/KV); Zusatzbelastung Kfz-Verkehr (Zusatzbel.)

Rot: Berechnete Gesamtbelastungen in Höhe von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oder darüber (näheres s. Text)

**Tabelle 7-9: Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 relativ im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg**

ID	Stadt	Straße	Gesamt [µg/m³]	Vorbelastung						Zusatz bel.	
				Gesamt	FT	un- bek.	Sons- tige	Ind	Gh/ KV		Kfz
1		Bahnhofstr.	16.7	85%	57%	14%	5%	1%	3%	5%	15%
2	Bad	Adolfstr.	18.3	77%	52%	12%	5%	1%	3%	4%	23%
3	Schwal-	Adolfstr.	24.0	59%	40%	9%	4%	1%	2%	3%	41%
4	bach	Rheinstr./Am Kurpark	23.0	59%	41%	9%	4%	1%	2%	3%	41%
5		Reitallee/Am Kurpark	16.2	86%	59%	14%	5%	1%	3%	4%	14%
6	Eschwege	Niederhorner Str.	19.6	76%	46%	12%	10%	1%	2%	5%	24%
7		Frankfurter Str. 16	20.1	76%	43%	12%	12%	1%	2%	5%	24%
8		Haimbacher Str. 38	16.7	89%	52%	14%	14%	2%	3%	5%	11%
9		Heinrichstr. 33	18.1	88%	47%	14%	15%	2%	3%	7%	12%
10		Horaser Weg 40	17.3	88%	50%	14%	14%	2%	3%	5%	12%
11		Königstr. 52	17.4	90%	49%	14%	14%	2%	3%	7%	10%
12	Fulda	Kohlhäuser Str. 121	18.0	90%	48%	14%	17%	1%	3%	6%	10%
13		Kreuzbergstr. 27	16.9	95%	51%	15%	16%	2%	3%	7%	5%
14		Künzeller Str. 93	17.5	94%	49%	15%	18%	2%	3%	6%	6%
15		Leipziger Str. 94	21.8	73%	39%	12%	13%	1%	3%	5%	27%
16		Niesiger Str. 23	19.0	79%	45%	13%	13%	2%	3%	5%	21%
17		Petersberger Str. 24-26	22.7	70%	38%	11%	12%	1%	3%	5%	30%
18		Zieherseer Weg 43	18.8	89%	46%	14%	17%	2%	3%	7%	11%
19		Bahnhofstr. 53	20.1	82%	43%	13%	12%	2%	3%	8%	18%
20		Bismarckstr. 22	18.7	87%	46%	14%	12%	2%	3%	9%	13%
21		Bleichstr. 9	18.9	86%	46%	14%	12%	2%	3%	9%	14%
22		Frankfurter Str. 11	19.6	84%	44%	13%	12%	2%	3%	8%	16%
23		Frankfurter Str. 72	18.5	89%	47%	14%	14%	2%	3%	8%	11%
24		Frankfurter Str. 215	18.8	87%	47%	14%	14%	2%	3%	8%	13%
25		Gießener Str. 128	18.4	87%	47%	14%	12%	2%	3%	9%	13%
26		Grünberger Str. 10	21.6	75%	40%	12%	10%	2%	3%	8%	25%
27		Krofdorfer Str. 18	21.7	74%	40%	12%	11%	2%	3%	7%	26%
28		Ludwigstr. 42	18.9	86%	46%	14%	12%	2%	3%	9%	14%
29	Gießen	Marburger Str. 36	19.7	82%	44%	13%	11%	2%	3%	8%	18%
30		Neustadt 23	25.5	64%	34%	10%	10%	2%	2%	6%	36%
31		Nordanlage 15	19.2	85%	45%	14%	12%	2%	3%	8%	15%
32		Robert-Sommer-Str. 32	17.9	91%	49%	15%	13%	2%	3%	9%	9%
33		Rodheimer Str. 36	20.2	80%	43%	13%	12%	2%	3%	7%	20%
34		Schiffenberger Weg 35	19.3	83%	45%	13%	11%	2%	3%	8%	17%
35		Schulstr./Neuen Bäume 6	21.5	76%	40%	12%	11%	2%	3%	8%	24%
36		Sudetenlandstr. 13	17.0	96%	51%	15%	14%	3%	3%	9%	4%
37		Südanlage 30	23.2	70%	37%	11%	10%	2%	3%	7%	30%
38		Westanlage 28	22.0	75%	40%	12%	11%	2%	3%	7%	25%
39		Wetzlarer Str. 57	17.6	90%	50%	14%	13%	2%	3%	8%	10%
60		Diezer Str. 49-51	29.9	58%	39%	9%	4%	1%	1%	4%	42%
61	Limburg	Frankfurter Str. 52	26.6	65%	42%	10%	5%	2%	1%	6%	35%
62		Schiede 28-30	33.0	54%	34%	9%	4%	1%	1%	5%	46%
63		Schiede 37-41	30.6	58%	37%	9%	4%	1%	1%	5%	42%
64		Stephanshügel	28.5	62%	40%	10%	4%	1%	1%	5%	38%

Vorbelastung: Ferntransport (FT), unbekannt (unbek.), Industrie (Ind), Gebäudeheizung und Kleinverbraucher (Gh/KV); Zusatzbelastung Kfz-Verkehr (Zusatzbel.)

Rot: Berechnete Gesamtbelastungen in Höhe von 30 µg/m³ oder darüber (näheres s. Text)

**Tabelle 7-10: Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 absolut im Basisfall in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für Kassel, Marburg und Wetzlar**

ID	Stadt	Straße	Gesamt	Vorbelastung						Zusatzbel.	
				Gesamt	FT	unbek.	Sonstige	Ind	Gh/KV		Kfz
40		Brüderstr. 5	28.4	17.0	9.4	2.7	2.1	0.2	0.8	1.9	11.3
41		Fünffensterstr. 14	26.0	16.9	9.4	2.7	2.1	0.2	0.8	1.8	9.0
42		Frankfurter Str. 102	28.5	17.1	9.3	2.7	2.3	0.2	0.8	1.8	11.4
43		Frankfurter Str. 247	21.7	17.2	9.3	2.7	2.4	0.2	0.7	1.9	4.5
44		Friedrich-Ebert-Str. 32	22.4	17.3	9.4	2.8	2.2	0.2	0.8	1.9	5.0
45		Holländische Str. 28	24.8	17.3	9.4	2.8	2.1	0.2	0.8	2.1	7.6
46		Holländische Str. 157	29.1	17.4	9.5	2.8	2.2	0.2	0.9	1.9	11.7
47		Ihringshäuser Str. 43	20.4	17.0	9.4	2.7	2.1	0.2	0.8	1.8	3.5
48		Kohlenstr. 40	25.7	17.7	9.4	2.8	2.6	0.2	0.9	1.8	8.0
49	Kassel	Konr.-Adenauer-Str. 73	15.5	14.6	9.1	2.3	1.9	0.1	0.4	0.8	0.8
50		Leipziger Str. 159	26.5	16.9	9.2	2.7	2.0	0.2	0.8	2.1	9.6
51		Mauerstr. 11	22.9	17.2	9.4	2.7	2.1	0.2	0.8	1.9	5.7
52		Obervellmarer Str. 4	21.9	16.3	9.4	2.6	1.9	0.1	0.7	1.5	5.6
53		Schönfelder Str. 6	22.9	17.7	9.4	2.8	2.4	0.2	0.9	2.0	5.2
54		Schönfelder Str. 50	32.2	17.5	9.4	2.8	2.4	0.2	0.8	1.9	14.7
55		Tischbeinstr. 18	21.3	17.1	9.4	2.7	2.2	0.2	0.8	1.8	4.2
56		Weserstr. 17	21.8	16.9	9.4	2.7	2.1	0.2	0.8	1.8	5.0
57		Wilhelmshöh. Allee 286	19.7	16.6	9.3	2.6	2.1	0.1	0.7	1.5	3.2
58		Wolfhager Str. 124	28.8	17.4	9.4	2.8	2.4	0.2	0.9	1.8	11.3
59	Ysenburgstr. 29	25.3	16.9	9.4	2.7	2.1	0.2	0.8	1.8	8.4	
65	Marburg	Am Grün 13	20.8	15.5	8.7	2.5	2.2	0.2	0.7	1.2	5.3
66		B3a St. Jost 24	18.3	15.9	8.6	2.5	2.4	0.2	0.7	1.5	2.4
67		Biegenstr. 24	19.7	15.8	8.6	2.5	2.3	0.2	0.7	1.5	3.8
68		Cölber Str. 9	19.1	14.9	8.7	2.4	2.2	0.2	0.5	1.0	4.1
69		Elisabethstr. 13	23.5	15.3	8.7	2.5	2.2	0.2	0.6	1.2	8.2
70		Schwanallee 53	19.0	15.7	8.6	2.5	2.4	0.2	0.6	1.3	3.3
71		Universitätsstr. 8	24.5	15.5	8.7	2.5	2.2	0.2	0.7	1.2	9.0
72		Zwetschenweg 6	18.8	15.0	8.6	2.4	2.2	0.2	0.6	0.9	3.9
73	Wetzlar	Bergstr. 17	18.9	15.5	8.8	2.5	1.7	0.8	0.4	1.3	3.3
74		Braunfelser Str. 4	19.4	16.4	8.8	2.6	1.8	1.7	0.4	1.1	2.9
75		Ernst-Leitz-Str. 36	25.6	15.8	8.8	2.5	1.7	1.0	0.5	1.4	9.7
76		Gloelstr. 15	23.9	18.1	8.8	2.9	1.9	2.5	0.5	1.6	5.8
77		Hauptstr. 4 (Aßlar)	22.2	15.3	8.8	2.4	1.7	1.0	0.4	0.9	6.9
78		Hermannsteiner Str.	21.1	18.6	8.8	3.0	2.0	2.9	0.5	1.5	2.5
79		Hermannsteiner Str. 35	28.5	20.0	8.9	3.2	1.8	4.4	0.5	1.2	8.5
80		Karl-Kellner-Ring 23	24.5	17.9	8.8	2.9	1.8	2.5	0.5	1.5	6.7
81		Kreisstr. 97	17.8	16.2	8.7	2.6	1.9	1.2	0.4	1.4	1.6
82		Nauborner Str. 38	20.7	15.2	8.8	2.4	1.7	0.7	0.4	1.1	5.5
83		Neustadt 60	19.6	17.9	8.8	2.9	1.8	2.5	0.5	1.5	1.8
84		Philosophenweg 14	16.7	15.4	8.8	2.5	1.7	0.9	0.4	1.2	1.3
85		Sophienstr. 1A	22.3	17.9	8.8	2.9	1.8	2.5	0.5	1.5	4.5
86		Weingartenstr. 8	22.9	20.3	8.8	3.2	1.8	4.8	0.5	1.2	2.6
87		Wetzlarer Str. 12	17.0	14.6	8.8	2.3	1.7	0.5	0.4	0.8	2.4
		<b>Mittelwert</b>	21.6	16.4	9.0	2.6	2.1	0.6	0.6	1.4	5.3
		<b>Min</b>	15.5	13.7	8.5	2.2	0.9	0.1	0.3	0.6	0.7
		<b>Max</b>	33.0	20.3	11.5	3.2	3.2	4.8	0.9	2.1	15.3

Vorbelastung: Ferntransport (FT), unbekannt (unbek.), Industrie (Ind), Gebäudeheizung und Kleinverbraucher (Gh/KV); Zusatzbelastung Kfz-Verkehr (Zusatzbel.)

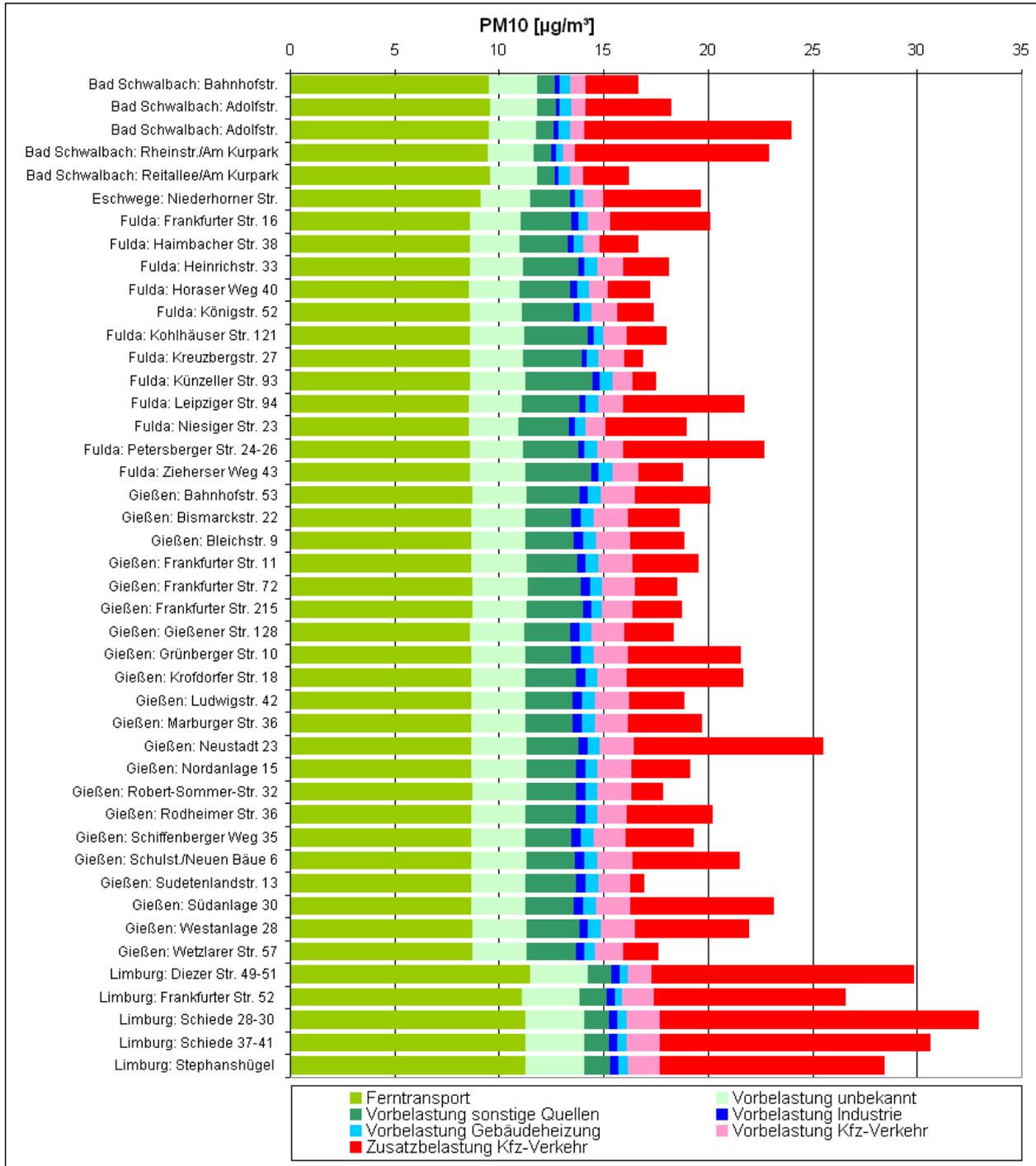
Rot: Berechnete Gesamtbelastungen in Höhe von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oder darüber (näheres s. Text)

**Tabelle 7-11: Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 relativ im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar**

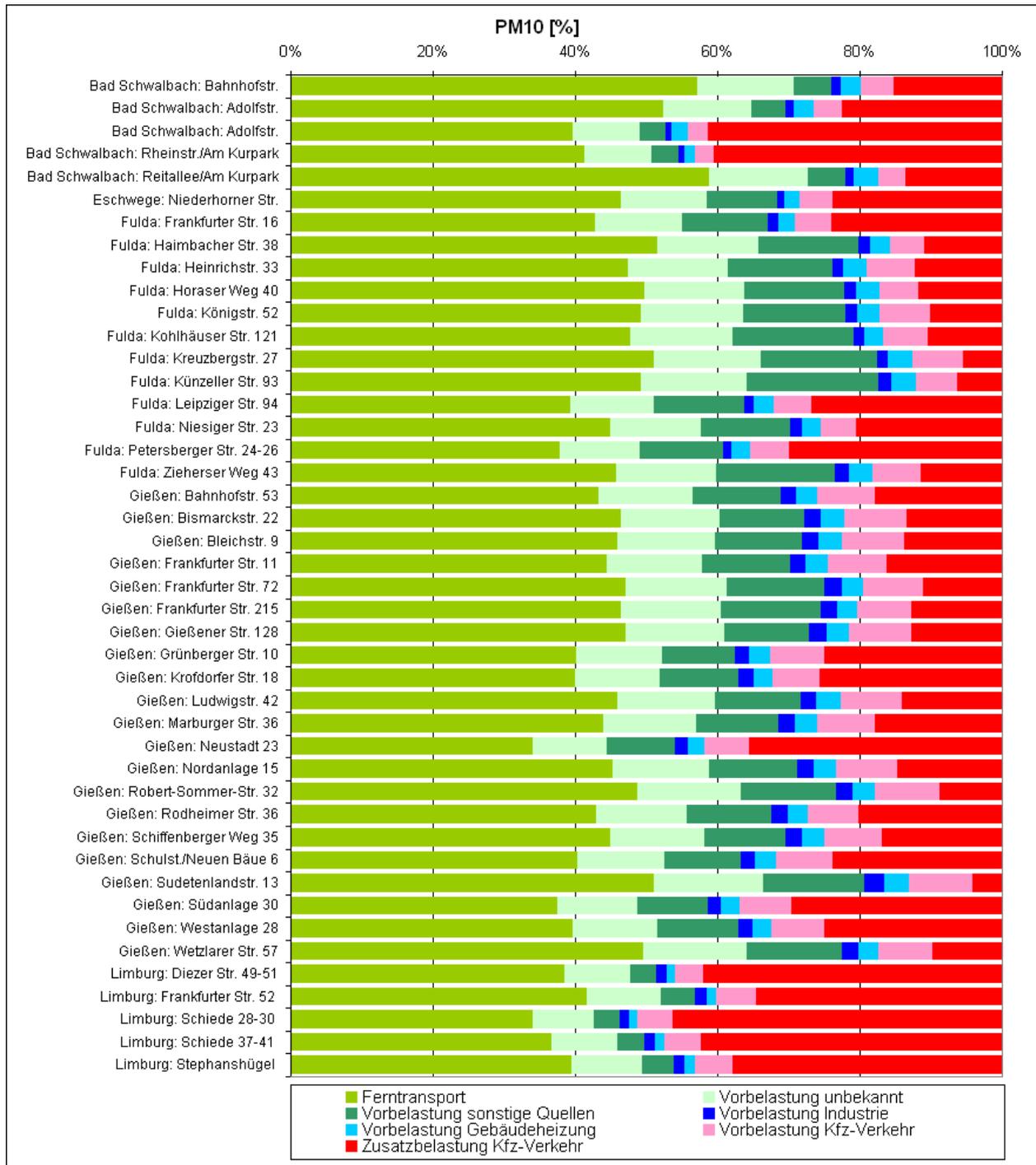
ID	Stadt	Straße	Gesamt [µg/m³]	Vorbelastung						Zusatz bel.	
				Gesamt	FT	un- bek.	Sons- tige	Ind	Gh/ KV		Kfz
40		Brüderstr. 5	28.4	60%	33%	10%	7%	1%	3%	7%	40%
41		Fünffensterstr. 14	26.0	65%	36%	10%	8%	1%	3%	7%	35%
42		Frankfurter Str. 102	28.5	60%	33%	10%	8%	1%	3%	6%	40%
43		Frankfurter Str. 247	21.7	79%	43%	13%	11%	1%	3%	9%	21%
44		Friedrich-Ebert-Str. 32	22.4	77%	42%	12%	10%	1%	4%	9%	23%
45		Holländische Str. 28	24.8	70%	38%	11%	8%	1%	3%	8%	30%
46		Holländische Str. 157	29.1	60%	33%	10%	7%	1%	3%	7%	40%
47		Ihringshäuser Str. 43	20.4	83%	46%	13%	10%	1%	4%	9%	17%
48		Kohlenstr. 40	25.7	69%	37%	11%	10%	1%	3%	7%	31%
49	Kassel	Konr.-Adenauer-Str. 73	15.5	95%	59%	15%	12%	1%	2%	5%	5%
50		Leipziger Str. 159	26.5	64%	35%	10%	7%	1%	3%	8%	36%
51		Mauerstr. 11	22.9	75%	41%	12%	9%	1%	4%	8%	25%
52		Obervellmarer Str. 4	21.9	74%	43%	12%	9%	1%	3%	7%	26%
53		Schönfelder Str. 6	22.9	77%	41%	12%	11%	1%	4%	9%	23%
54		Schönfelder Str. 50	32.2	54%	29%	9%	7%	1%	3%	6%	46%
55		Tischbeinstr. 18	21.3	80%	44%	13%	10%	1%	4%	9%	20%
56		Weserstr. 17	21.8	77%	43%	12%	9%	1%	4%	8%	23%
57		Wilhelmshöh. Allee 286	19.7	84%	47%	13%	11%	1%	4%	8%	16%
58		Wolfhager Str. 124	28.8	61%	33%	10%	8%	1%	3%	6%	39%
59	Ysenburgstr. 29	25.3	67%	37%	11%	8%	1%	3%	7%	33%	
65	Marburg	Am Grün 13	20.8	75%	42%	12%	11%	1%	3%	6%	25%
66		B3a St. Jost 24	18.3	87%	47%	14%	13%	1%	4%	8%	13%
67		Biegenstr. 24	19.7	80%	44%	13%	12%	1%	4%	7%	20%
68		Cölber Str. 9	19.1	78%	46%	13%	12%	1%	3%	5%	22%
69		Elisabethstr. 13	23.5	65%	37%	10%	9%	1%	3%	5%	35%
70		Schwanallee 53	19.0	83%	45%	13%	12%	1%	3%	7%	17%
71		Universitätsstr. 8	24.5	63%	35%	10%	9%	1%	3%	5%	37%
72		Zwetschenweg 6	18.8	79%	46%	13%	12%	1%	3%	5%	21%
73	Wetzlar	Bergstr. 17	18.9	82%	46%	13%	9%	4%	2%	7%	18%
74		Braunfelser Str. 4	19.4	85%	46%	14%	9%	9%	2%	6%	15%
75		Ernst-Leitz-Str. 36	25.6	62%	34%	10%	7%	4%	2%	5%	38%
76		Gloelstr. 15	23.9	76%	37%	12%	8%	11%	2%	7%	24%
77		Hauptstr. 4 (Aßlar)	22.2	69%	40%	11%	8%	5%	2%	4%	31%
78		Hermannsteiner Str.	21.1	88%	42%	14%	9%	14%	2%	7%	12%
79		Hermannsteiner Str. 35	28.5	70%	31%	11%	6%	15%	2%	4%	30%
80		Karl-Kellner-Ring 23	24.5	73%	36%	12%	7%	10%	2%	6%	27%
81		Kreisstr. 97	17.8	91%	49%	15%	11%	7%	2%	8%	9%
82		Nauborner Str. 38	20.7	73%	42%	12%	8%	3%	2%	6%	27%
83		Neustadt 60	19.6	91%	45%	15%	9%	13%	2%	7%	9%
84		Philosophenweg 14	16.7	92%	52%	15%	10%	5%	3%	7%	8%
85		Sophienstr. 1A	22.3	80%	39%	13%	8%	11%	2%	7%	20%
86		Weingartenstr. 8	22.9	89%	38%	14%	8%	21%	2%	5%	11%
87		Wetzlarer Str. 12	17.0	86%	52%	14%	10%	3%	2%	5%	14%
		<b>Mittelwert</b>	21.6	77%	43%	12%	10%	3%	3%	7%	23%
		<b>Min</b>	15.5	54%	29%	9%	4%	1%	1%	3%	4%
		<b>Max</b>	33.0	96%	59%	15%	18%	21%	4%	9%	46%

Vorbelastung: Ferntransport (FT), unbekannt (unbek.), Industrie (Ind), Gebäudeheizung und Kleinverbraucher (Gh/KV); Zusatzbelastung Kfz-Verkehr (Zusatzbel.)

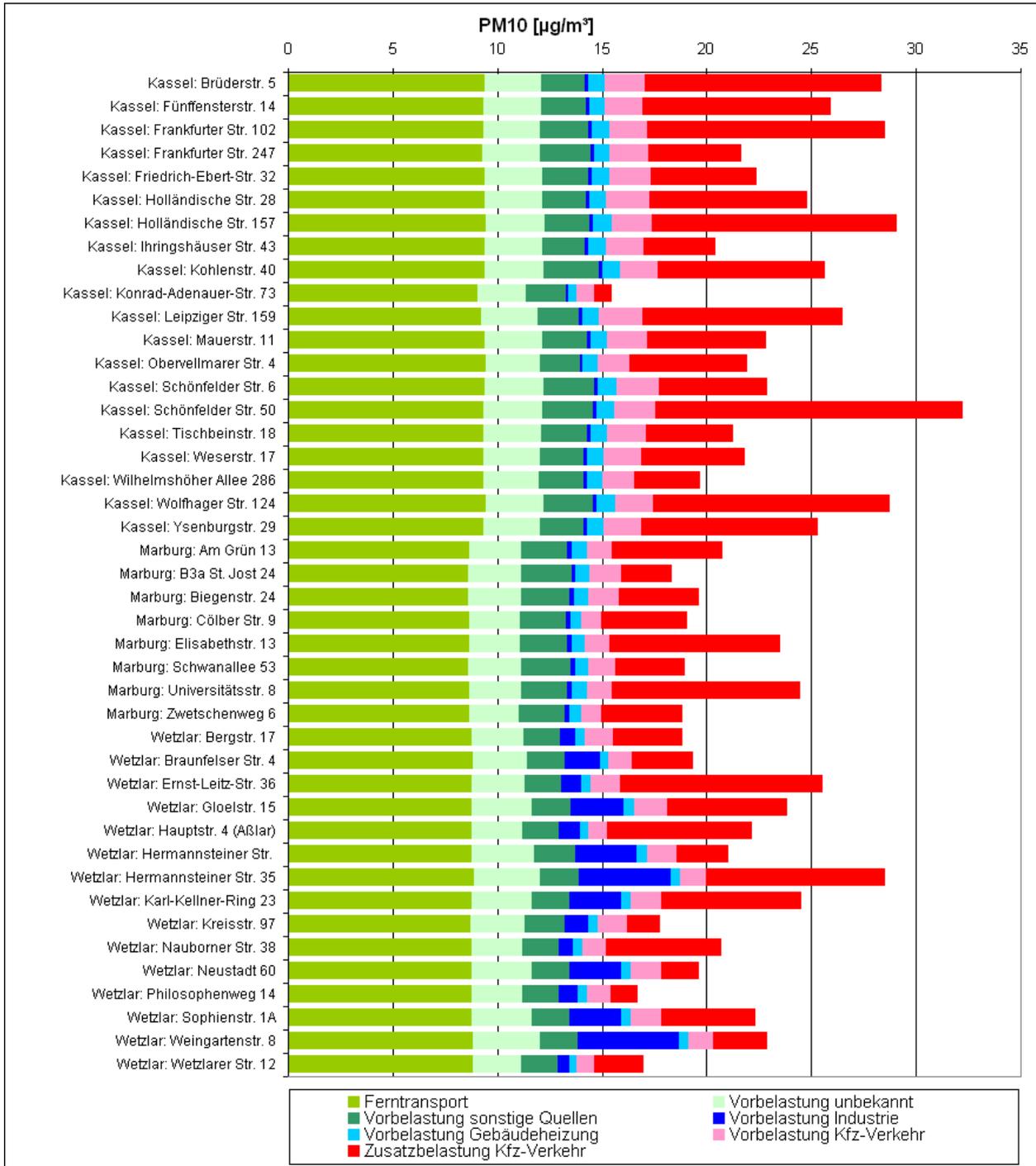
Rot: Berechnete Gesamtbelastungen in Höhe von 30 µg/m³ oder darüber (näheres s. Text)



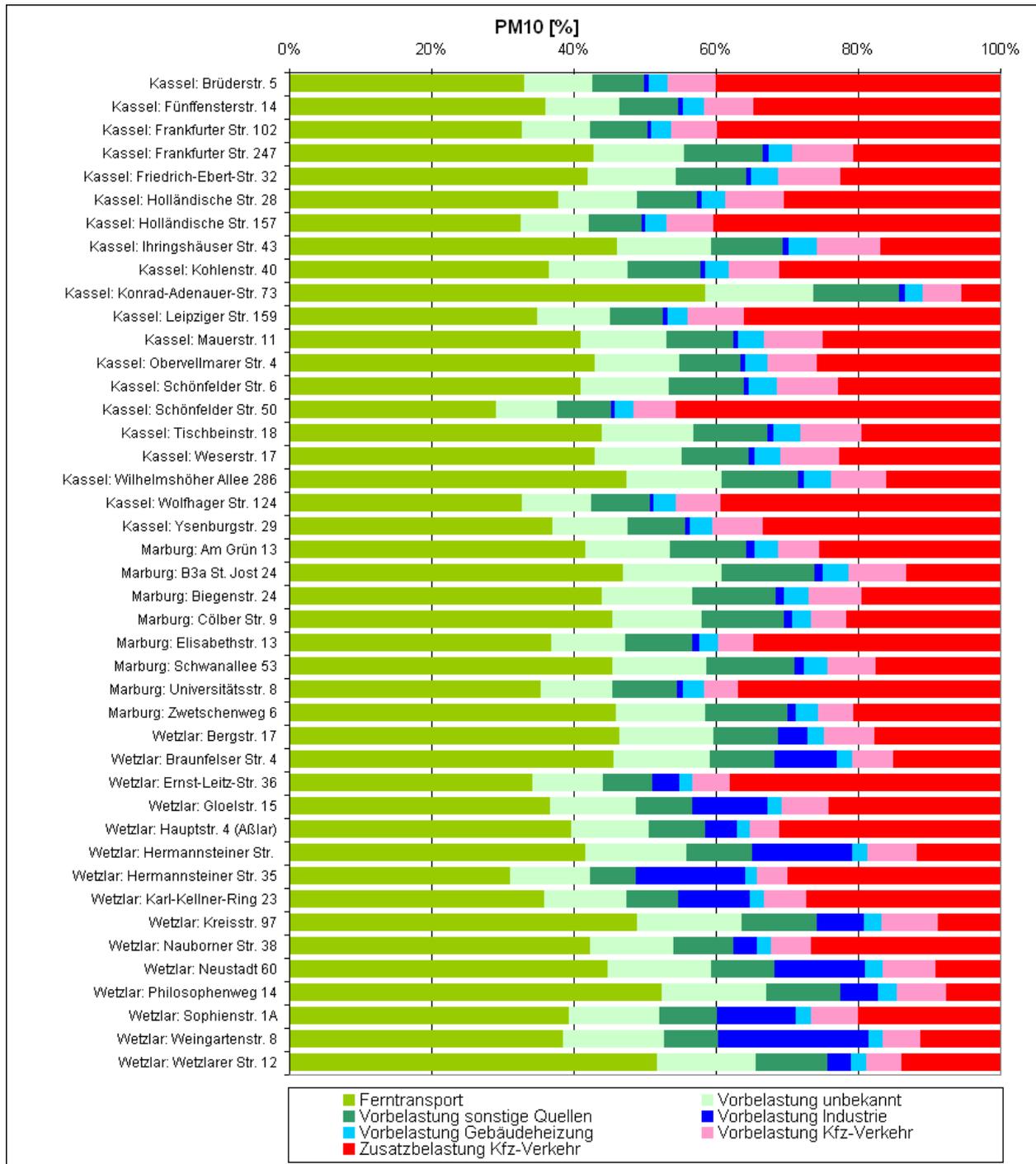
**Abbildung 7-5: Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 absolut im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg**



**Abbildung 7-6: Verursacheranteile PM10 relativ im Basisfall für Bad Schwalbach, Eschwege, Fulda, Gießen und Limburg**



**Abbildung 7-7: Gesamtbelastung und Verursacheranteile PM10 absolut im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar**



**Abbildung 7-8: Verursacheranteile PM10 relativ im Basisfall für Kassel, Marburg und Wetzlar**

### 7.3 Szenarien

In den folgenden Abschnitten sind die Änderungen der Gesamtbelastungen der NO<sub>2</sub>- und PM-Jahresmittelwerte für die drei lokalen Szenarien in Kassel und Wetzlar sowie die Vergleichsrechnungen auf Basis der Meteorologie 2005 in Kassel dargestellt.

#### 7.3.1 Beitrag der Autobahnen im Untersuchungsgebiet Kassel

Abbildung 7-9 bis Abbildung 7-12 zeigen die absoluten und relativen Veränderungen der Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Gesamtbelastung, die sich ergeben, wenn im Untersuchungsgebiet Kassel alle hessischen Autobahnemissionen auf Null gesetzt werden bzw. in umgekehrter Interpretation den Beitrag dieser Quellen zur Gesamtbelastung. Bei NO<sub>2</sub> tragen die Autobahnen zwischen 0.9 und 4.1 µg/m<sup>3</sup> bzw. 2.5 und 16 % zur Gesamtbelastung bei. Bei PM<sub>10</sub> liegen die entsprechenden Werte bei 0.1 und 0.5 µg/m<sup>3</sup> bzw. 0.4 und 2.1 %. Der bei PM<sub>10</sub> im Vergleich zu NO<sub>2</sub> geringere Beitrag ist in dem bei PM<sub>10</sub> insgesamt geringeren Beitrag des Kfz-Verkehrs begründet. Die Variation der Beiträge zwischen den einzelnen Abschnitten ist in deren jeweiligen räumlichen Lagen bezüglich der Autobahnen begründet und liefert für beide Stoffe ein vergleichbares Bild.

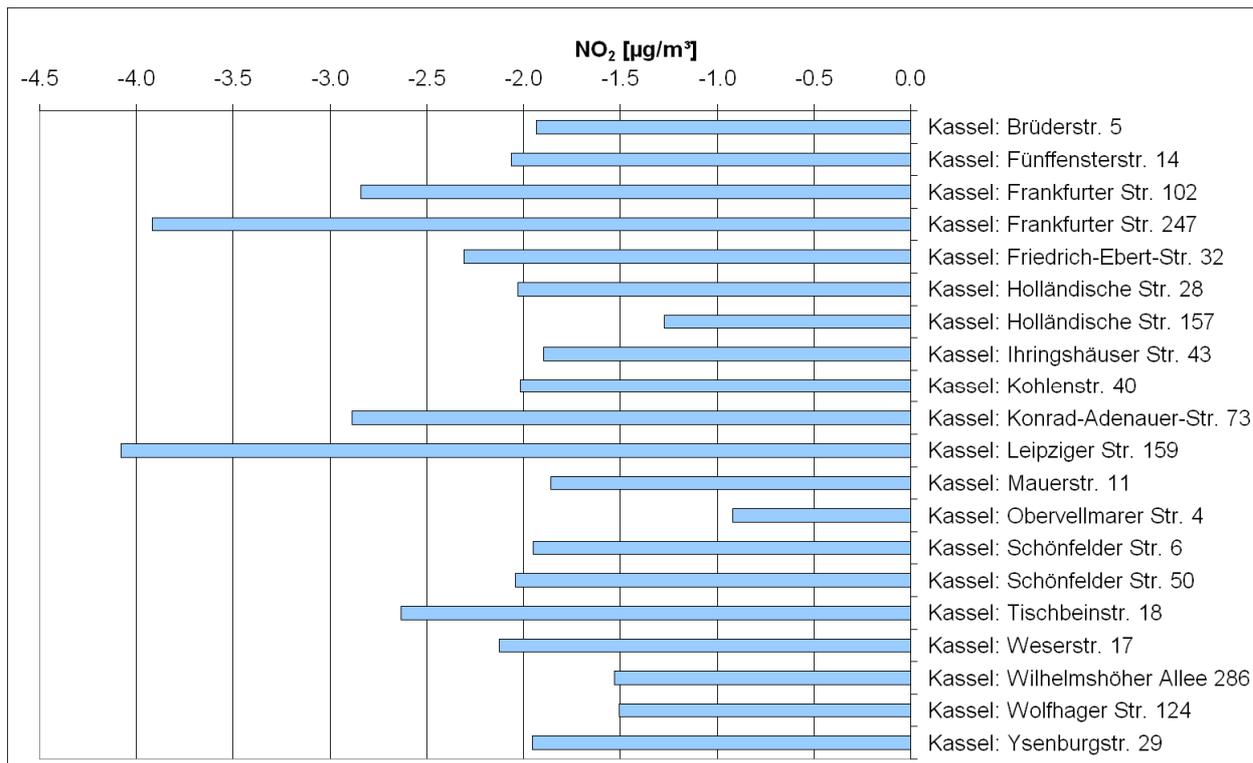


Abbildung 7-9: Absolute NO<sub>2</sub>-Änderung im Szenario Autobahnen in Kassel

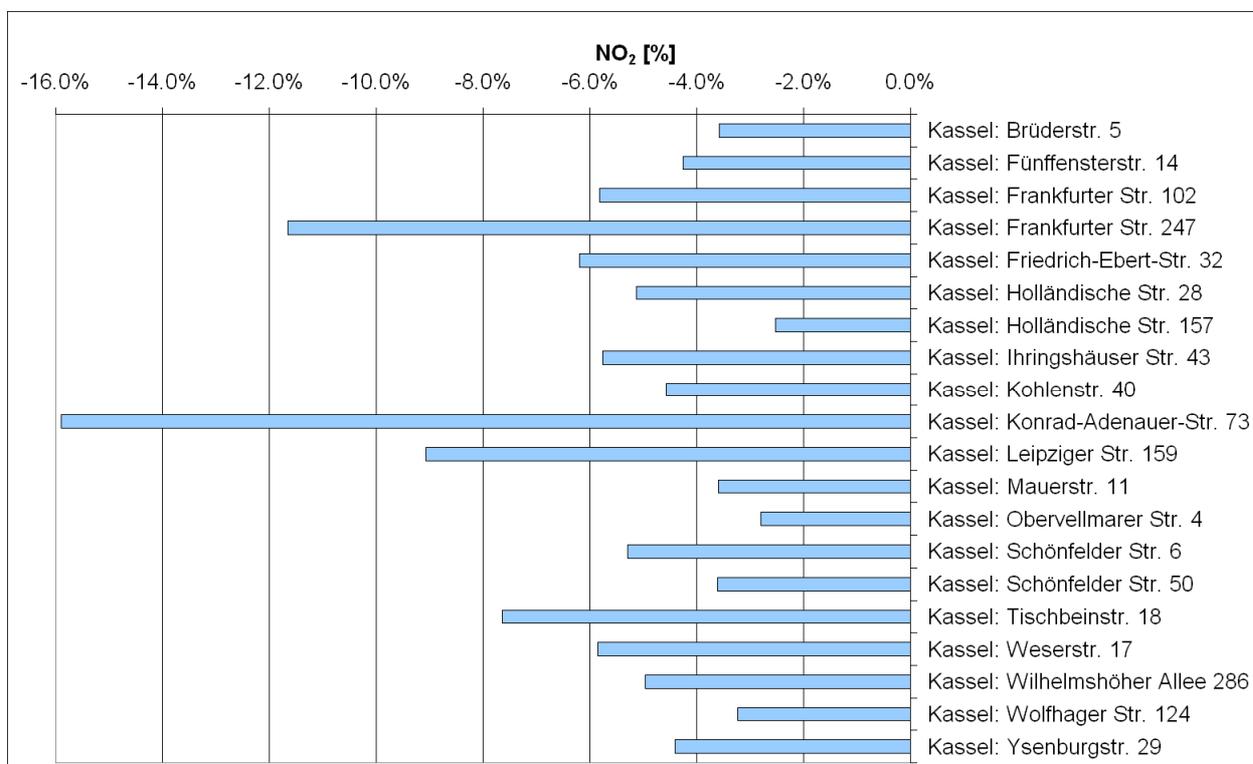


Abbildung 7-10: Relative NO<sub>2</sub>-Änderung im Szenario Autobahnen in Kassel

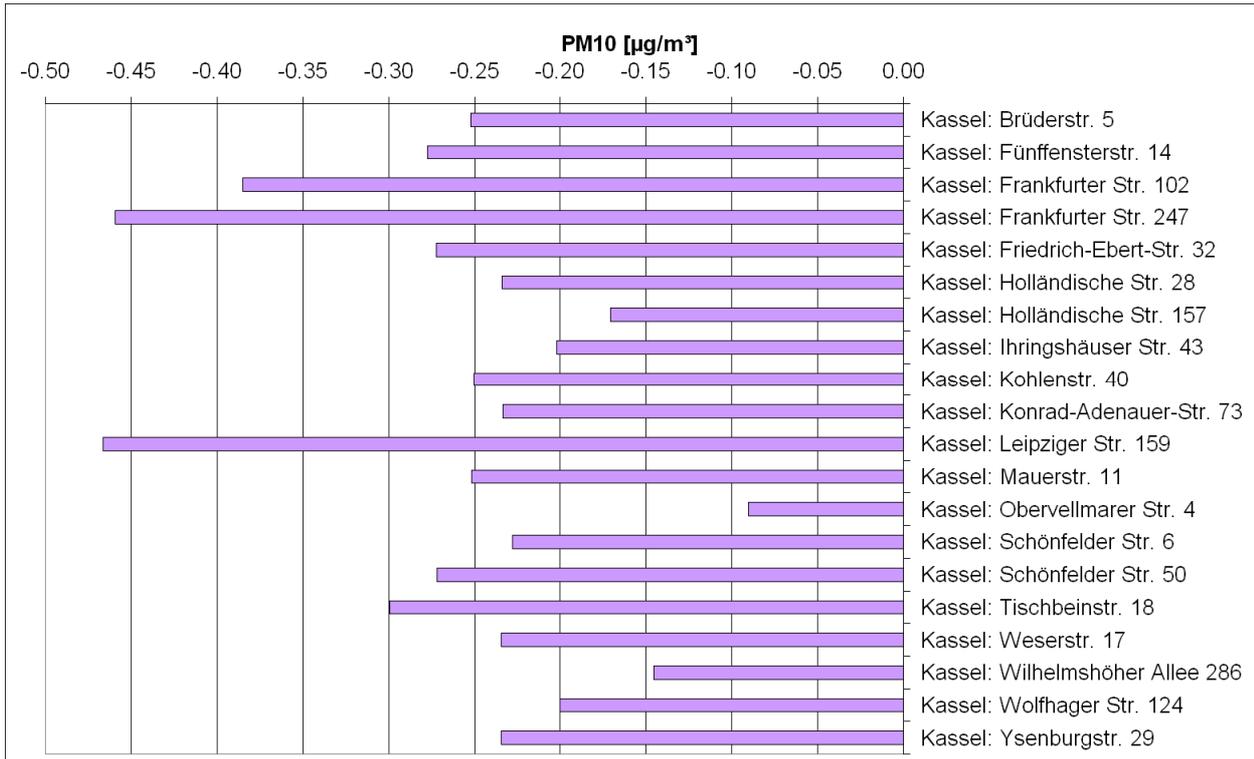


Abbildung 7-11: Absolute PM10-Änderung im Szenario Autobahnen in Kassel

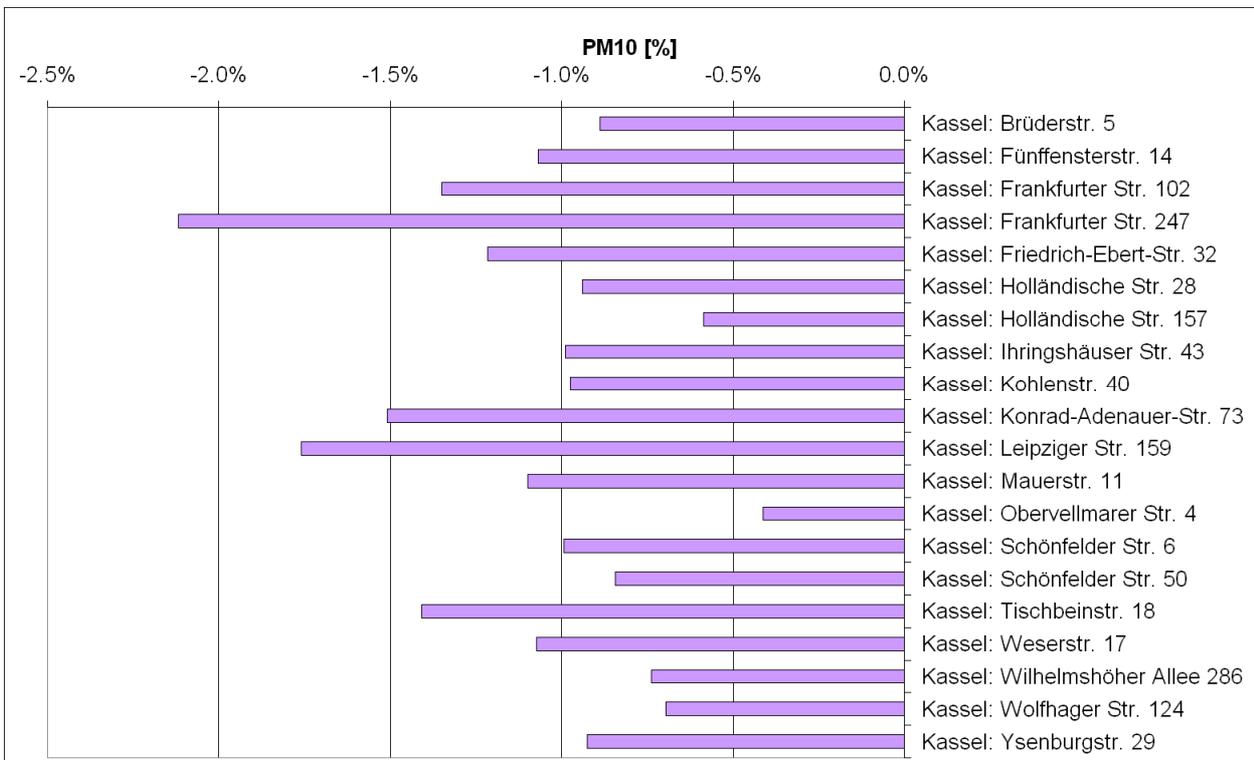
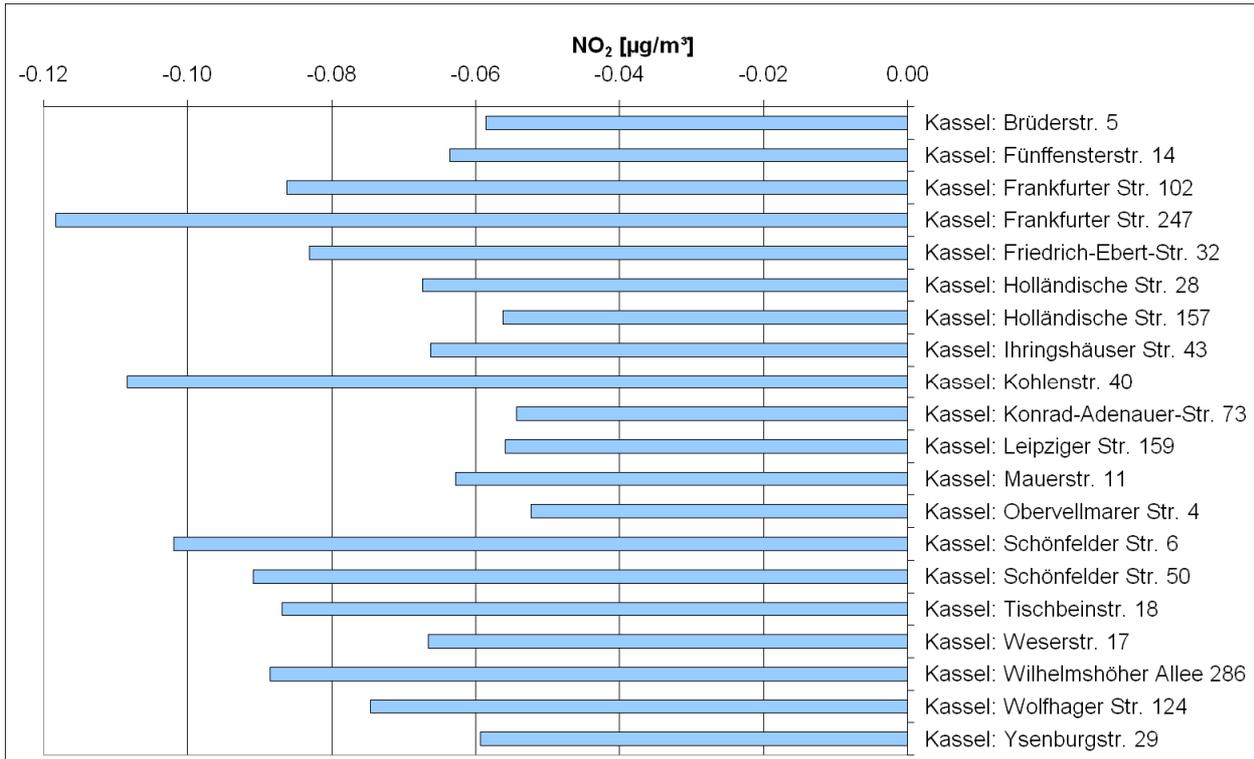


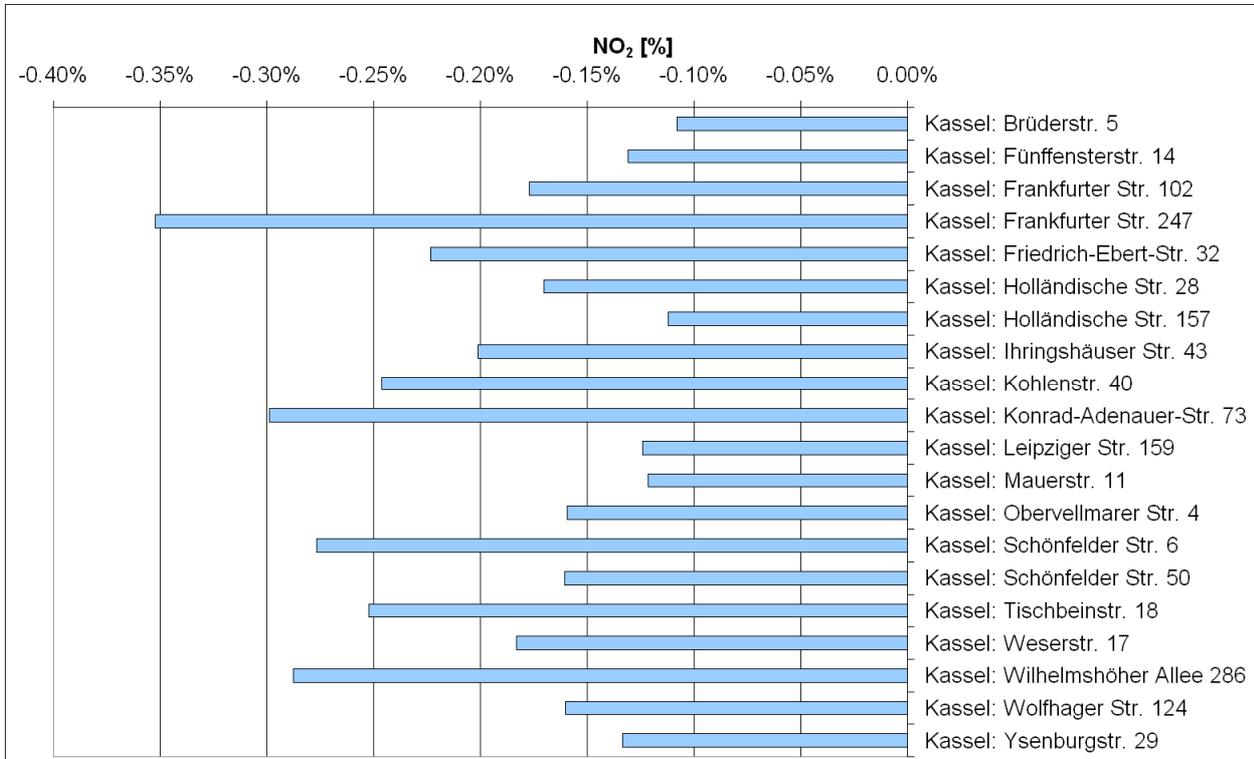
Abbildung 7-12: Relative PM10-Änderung im Szenario Autobahnen in Kassel

### 7.3.2 Beitrag des VW-Werks Baunatal im Untersuchungsgebiet Kassel

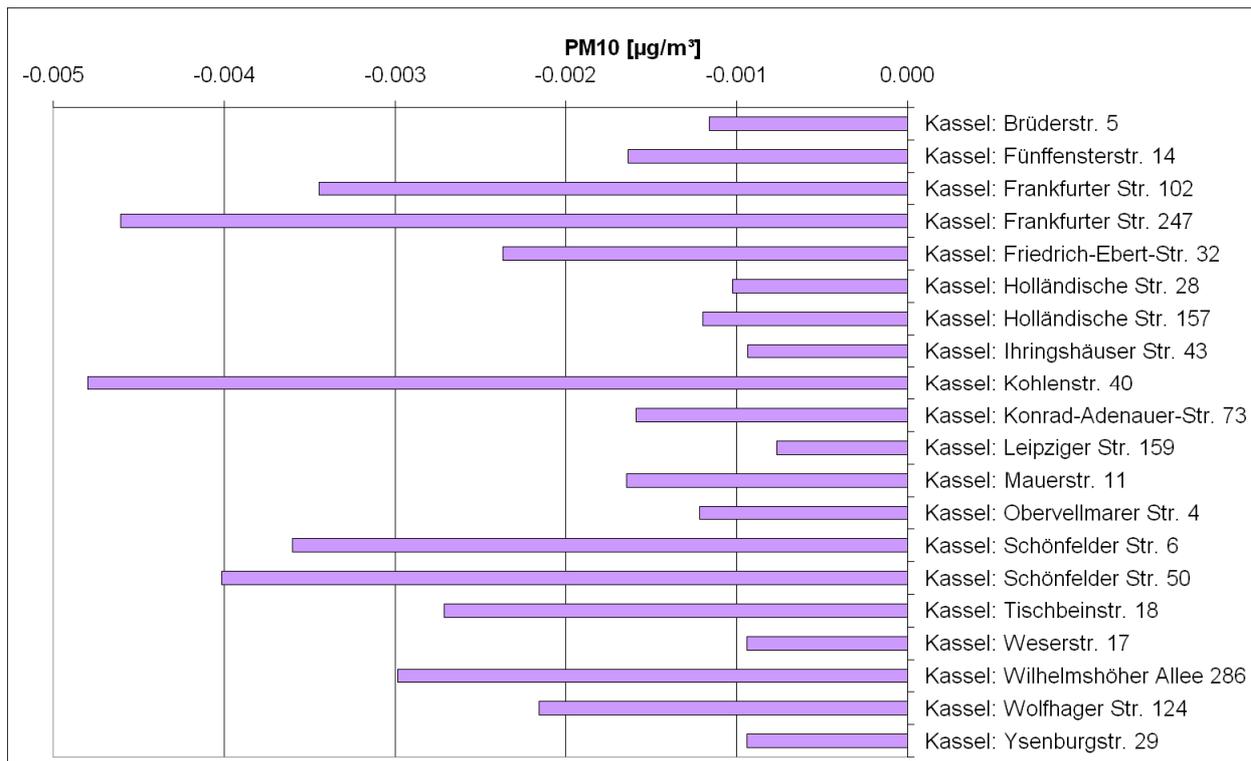
Abbildung 7-13 bis Abbildung 7-16 zeigen die absoluten und relativen Veränderungen der Jahresmittelwerte der  $\text{NO}_2$ - und  $\text{PM}_{10}$ -Gesamtbelastung, die sich ergeben, wenn die Emissionen des VW-Werks Baunatal auf Null gesetzt werden bzw. in umgekehrter Interpretation den Beitrag dieser Quellen zur Gesamtbelastung. Insgesamt ist der berechnete Beitrag des VW-Werks sehr gering und für beide Stoffe bei allen Abschnitten sowohl absolut als auch relativ unter  $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. 0.5 %. Bei der Bewertung der Ergebnisse sind aber die in Abschnitt 6.3.7 konstatierten Einschränkungen zu beachten. Die Variation der Beiträge zwischen den einzelnen Abschnitten ist in deren jeweiligen räumlichen Lagen bezüglich des VW-Werks begründet und liefert für beide Stoffe ein vergleichbares Bild.



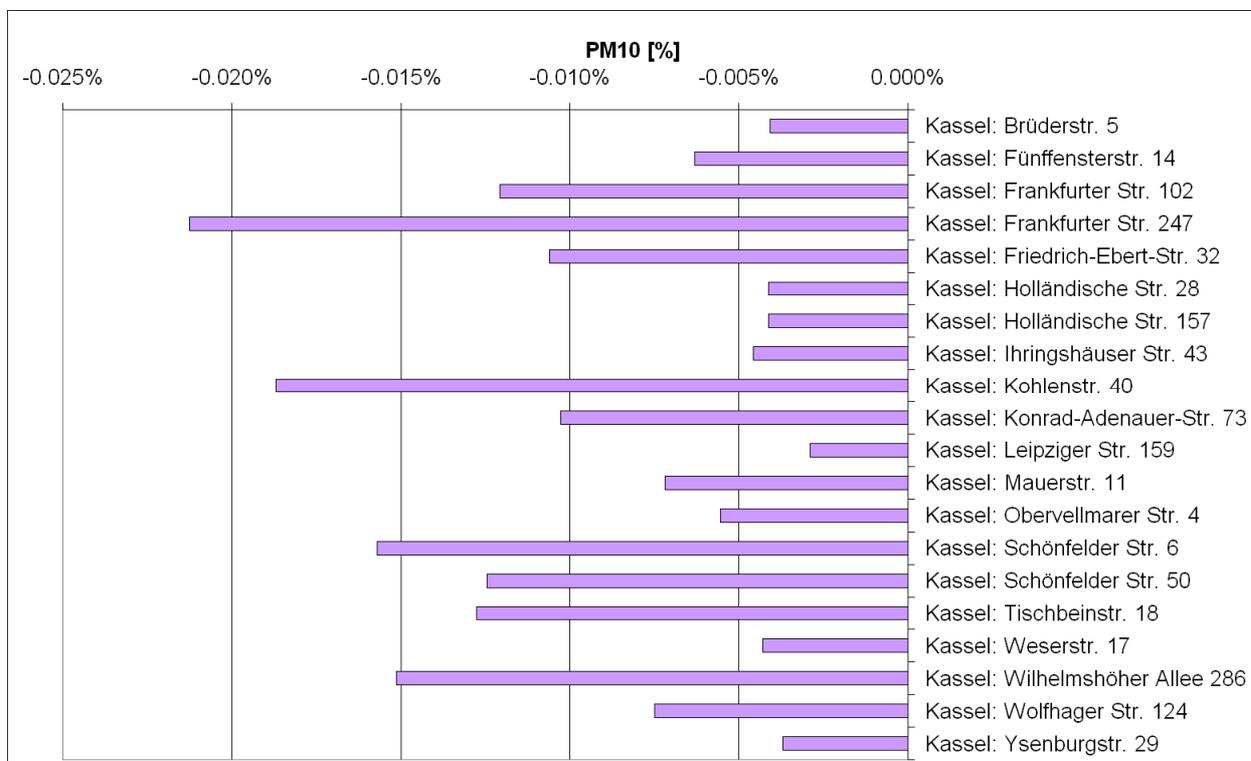
**Abbildung 7-13: Absolute NO<sub>2</sub>-Änderung im Szenario VW-Werk Baunatal in Kassel**



**Abbildung 7-14: Relative NO<sub>2</sub>-Änderung im Szenario im Szenario VW-Werk Baunatal in Kassel**



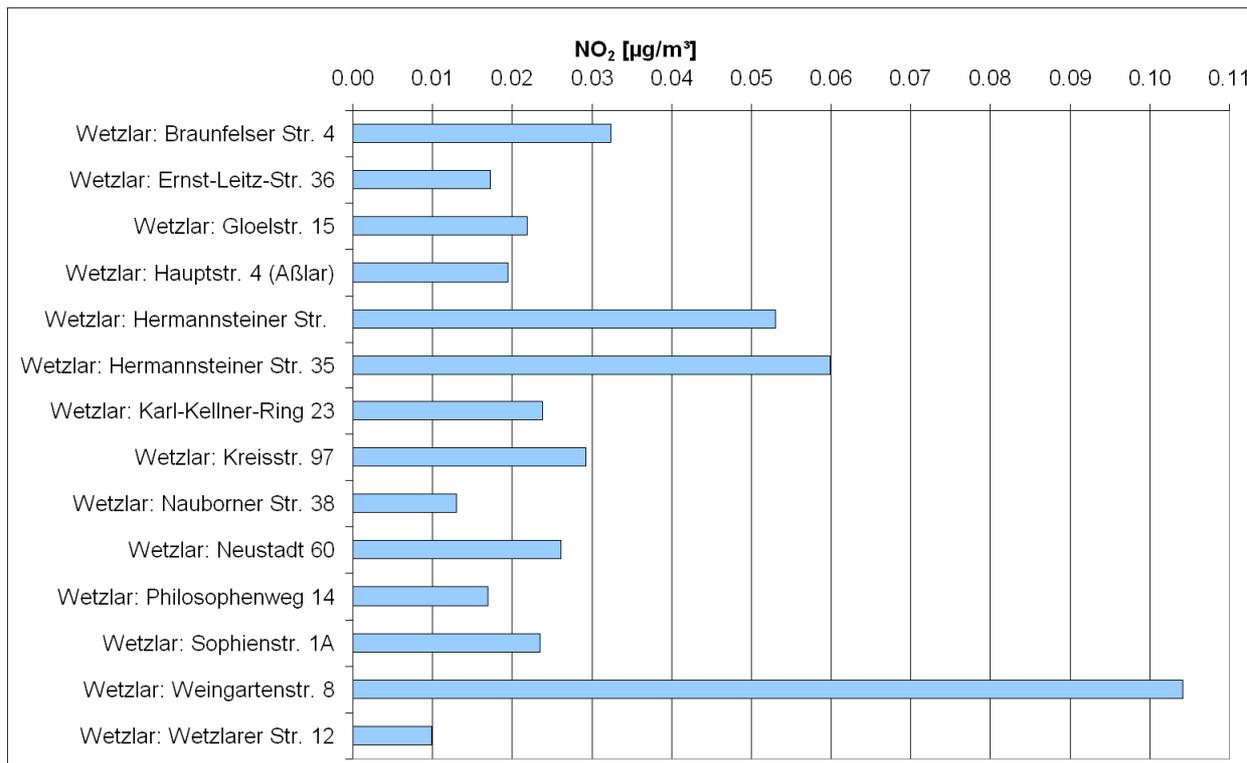
**Abbildung 7-15: Absolute PM10-Änderung im Szenario VW-Werk Baunatal in Kassel**



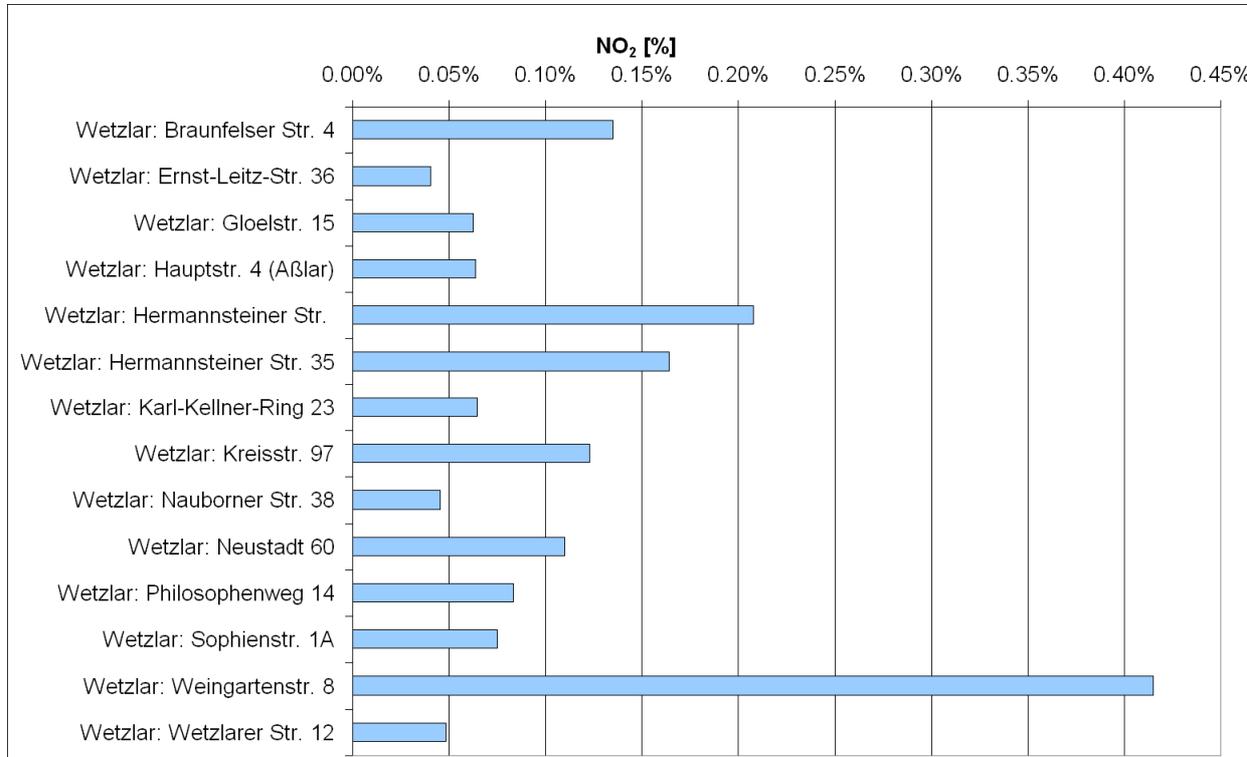
**Abbildung 7-16: Relative PM10-Änderung im Szenario im Szenario VW-Werk Baunatal in Kassel**

### 7.3.3 Ausbau des Buderus-Werks im Untersuchungsgebiet Wetzlar/Gießen

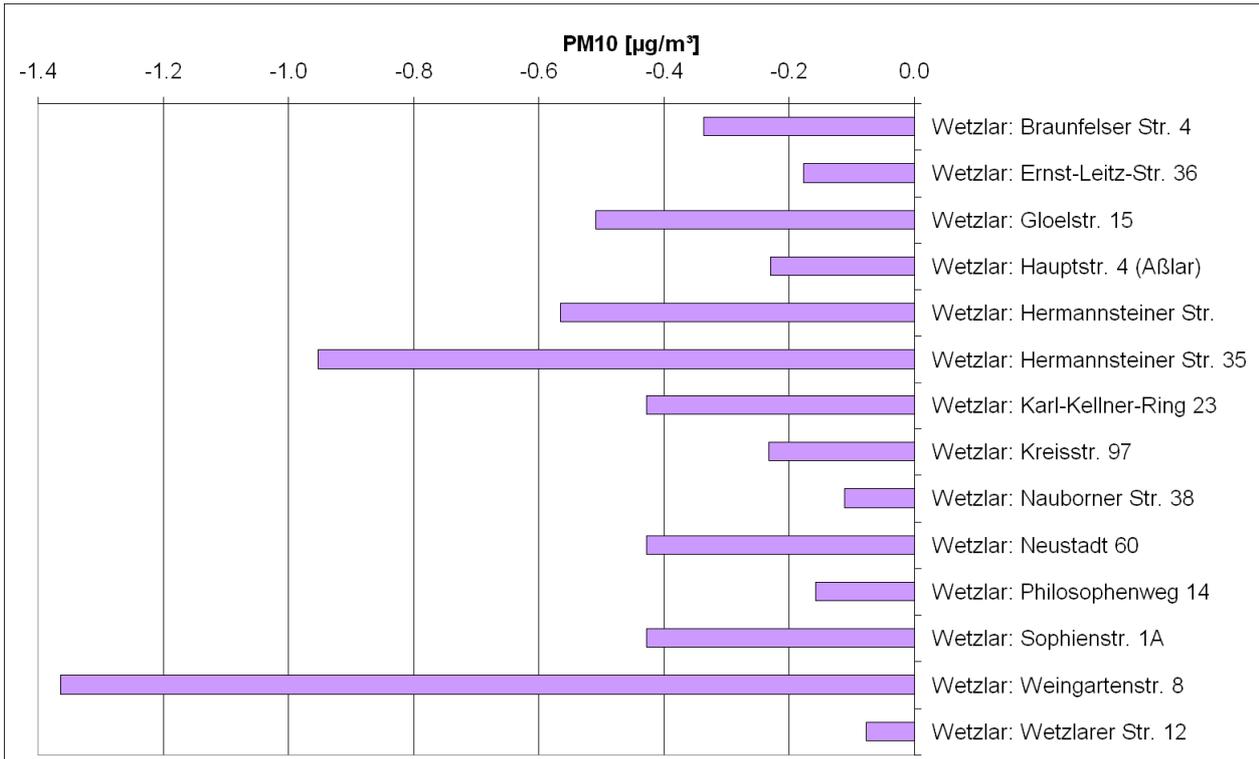
Abbildung 7-17 bis Abbildung 7-20 zeigen die absoluten und relativen Veränderungen der Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>- und PM10-Gesamtbelastung, die sich für den Ausbau des Buderus-Werks in Wetzlar ergeben. Aufgrund der leichten Emissionserhöhung ergeben sich sehr geringe Erhöhungen der berechneten NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung von bis zu 0.1 µg/m<sup>3</sup> bzw. 0.4 %. Bei PM10 führt die veränderte Quellstruktur zu durchaus relevanten Abnahmen von bis zu 1.4 µg/m<sup>3</sup> bzw. 6 %. Bei der Bewertung der Ergebnisse sind aber die in Abschnitt 1.1.1 konstatierten Einschränkungen zu beachten. Die Variation der Beiträge zwischen den einzelnen Abschnitten ist in deren jeweiligen räumlichen Lagen bezüglich des Werks begründet und liefert für beide Stoffe ein hinsichtlich des Einflusses der geänderten Quellen vergleichbares Bild.



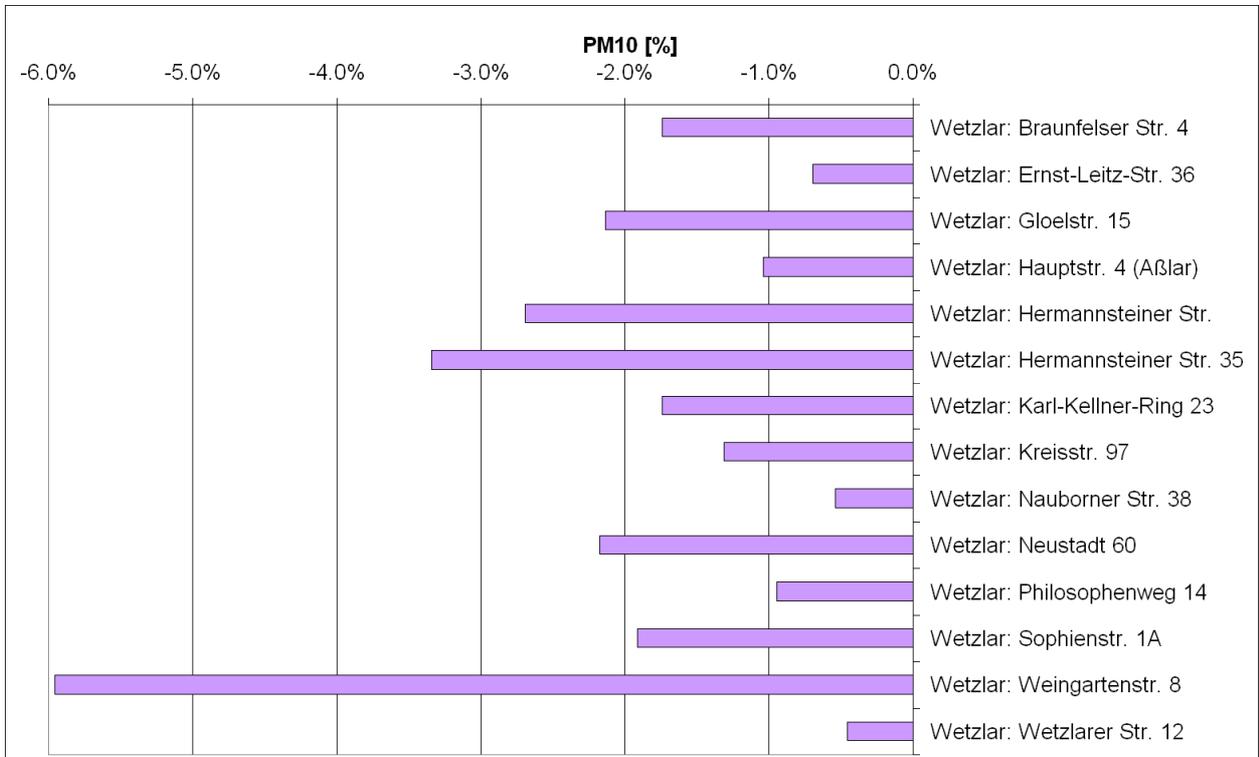
**Abbildung 7-17: Absolute NO<sub>2</sub>-Änderung im Szenario Ausbau Buderuswerk in Wetzlar**



**Abbildung 7-18: Relative NO<sub>2</sub>-Änderung im Szenario Ausbau Buderuswerk in Wetzlar**



**Abbildung 7-19: Absolute PM10-Änderung im Szenario Ausbau Buderuswerk in Wetzlar**



**Abbildung 7-20: Relative PM10-Änderung im Szenario Ausbau Buderuswerk in Wetzlar**

### 7.3.4 Variation der meteorologischen Bedingungen im Modellgebiet Kassel

Abbildung 7-21 bis Abbildung 7-24 zeigen die absoluten und relativen Veränderungen der Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>- und PM10-Gesamtbelastung, die sich bei Verwendung des meteorologischen Bezugsjahrs 2005 anstelle von 2008 ergeben. Die Änderungen der Gesamtbelastung sind dabei – im Gegensatz zu den drei vorherigen Szenarien – nicht nur durch veränderte Vorbelastungswerte begründet, sondern auch durch mögliche Änderungen bei der Zusatzbelastung, die sich durch die veränderten meteorologischen Bedingungen und die davon abhängigen Ausbreitungsbedingungen in den einzelnen Straßenräumen ergeben.

Alle betrachteten Abschnitte liegen in Bereichen, in denen die NO<sub>2</sub>-Vorbelastung 2005 geringer ist als 2008. Dementsprechend nehmen, mit einer Ausnahme, an allen Abschnitten auch die Gesamtbelastungen ab. Lediglich an der Schönfelder Str. in Kassel führt die Kombination aus der asymmetrischen Straßenraumkonfiguration, der Straßenausrichtung und den sich ändernden meteorologischen Bedingungen dazu, dass sich die Zusatzbelastung stärker erhöht, als die Vorbelastung absinkt und sich so eine sehr geringe Erhöhung der Gesamtbelastung von 0.5 µg/m<sup>3</sup> bzw. 0.9 % ergibt. An allen anderen Abschnitten sinken die Gesamtbelastungen leicht um bis zu 3.6 µg/m<sup>3</sup> bzw. 7 %.

Die PM10-Vorbelastung erhöht sich im meteorologischen Szenario 2005 im gesamten Untersuchungsgebiet gegenüber dem Basisfall 2008. Die Zusatzbelastungen ändern sich aus den genannten Gründen für die einzelnen Abschnitte in unterschiedlichem Maße, so dass es für die eine Hälfte der in Kassel betrachteten Abschnitte zu leichten Zu- und für die andere Hälfte zu leichten Abnahmen der Gesamtbelastung kommt. Die geringen Veränderungen bewegen sich dabei zwischen -0.6 und 0.7 µg/m<sup>3</sup> bzw. -2.2 und 2.5 %.

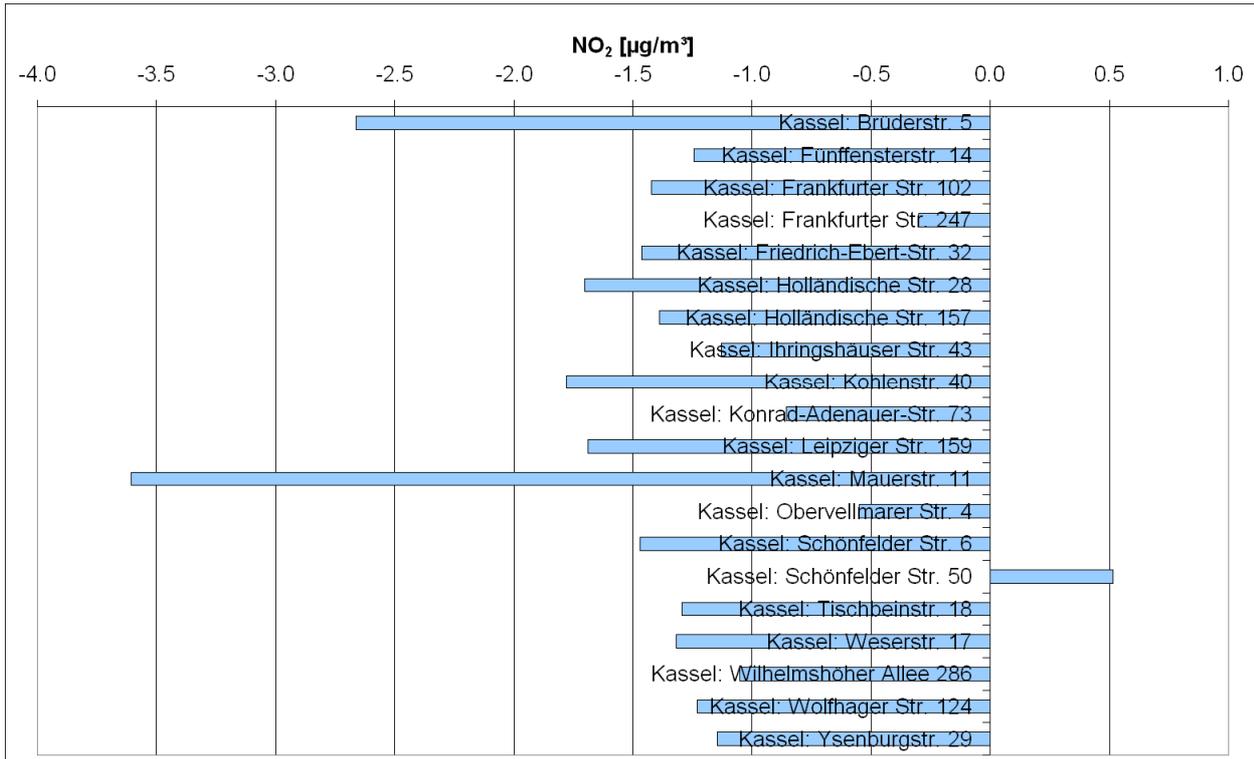


Abbildung 7-21: Absolute NO<sub>2</sub>-Änderung im Szenario Meteorologie 2005 in Kassel

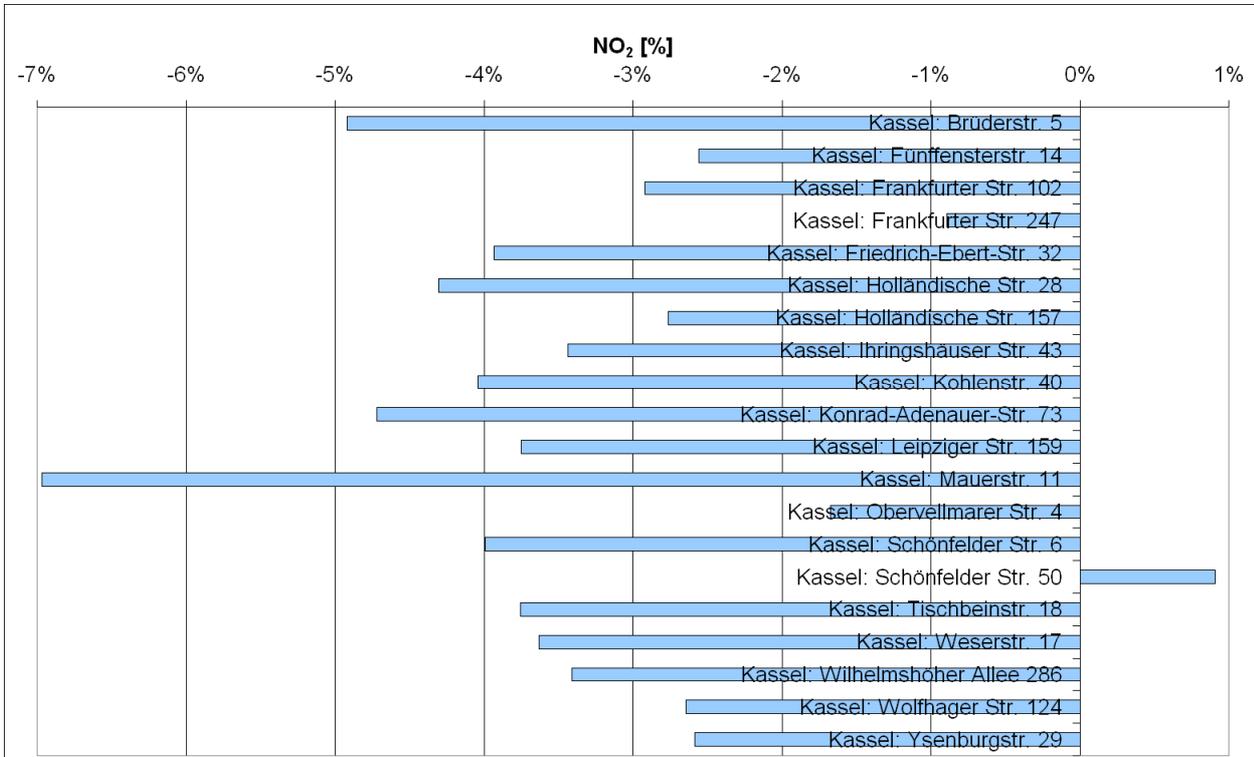
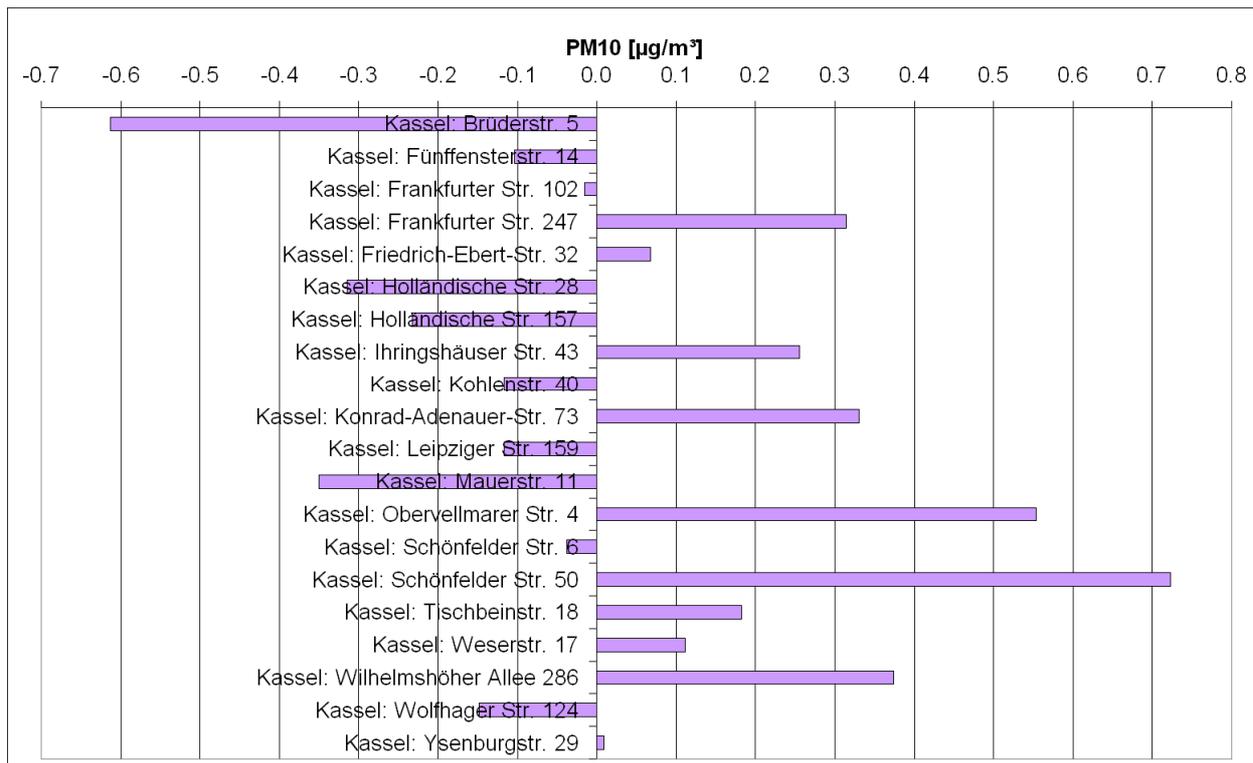
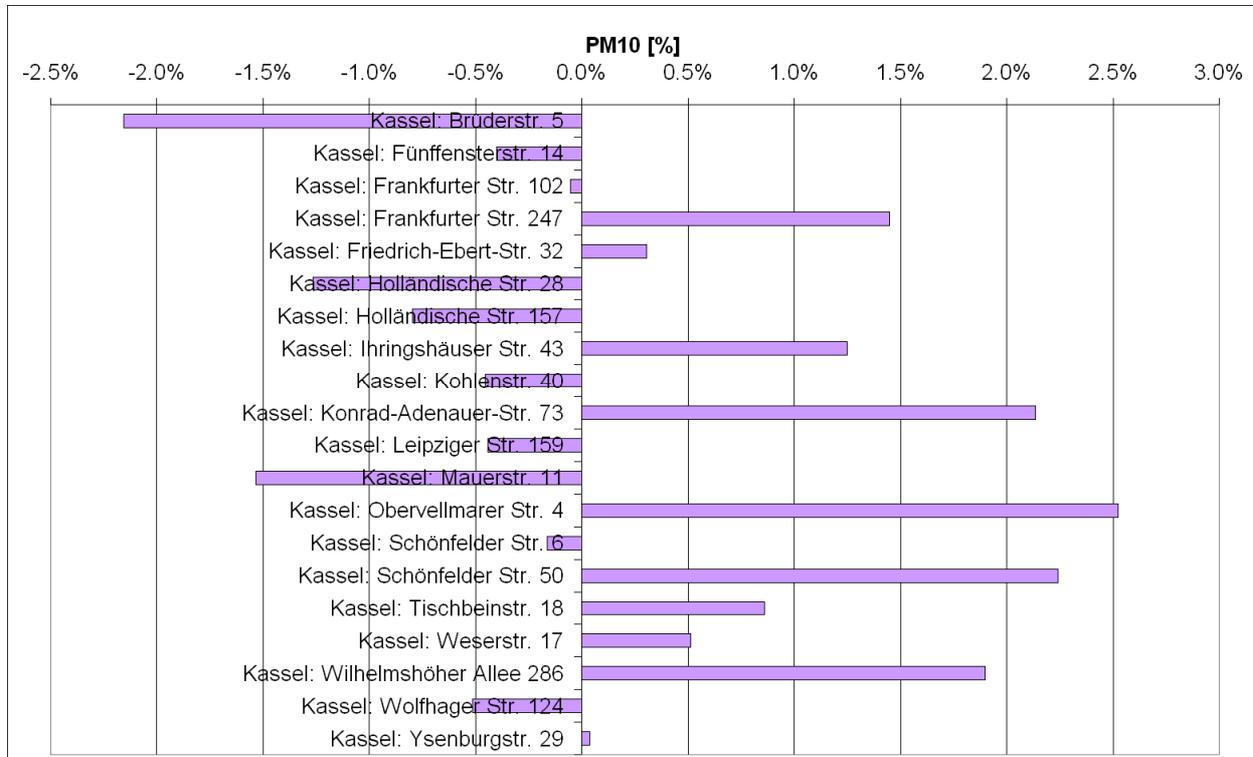


Abbildung 7-22: Relative NO<sub>2</sub>-Änderung im Szenario Meteorologie 2005 in Kassel



**Abbildung 7-23: Absolute PM10-Änderung im Szenario Meteorologie 2005 in Kassel**



**Abbildung 7-24: Relative PM10-Änderung im Szenario Meteorologie 2005 in Kassel**



## 8 Zusammenfassung

Mit der vorliegenden Untersuchung wurde eine Ursachenanalyse als Grundlage für die Luftreinhalteplanung in Mittel- und Nordhessen, Lahn-Dill und dem Ballungsraum Kassel durchgeführt. Dabei war neben den Beiträgen der hessischen Emissionen, der Quellgruppen Industrie sowie Gebäudeheizung und Kleinverbraucher insbesondere zu ermitteln, welchen Beitrag der Kfz-Verkehr an der Immissionsbelastung im Straßenraum hat.

In Analogie zu entsprechenden Arbeiten aus den Jahren 2005/2006 wurden Ausbreitungsrechnungen zur Ursachenanalyse durchgeführt. Dabei wurde das Untersuchungsgebiet deutlich vergrößert, die Analyse auf weitere Straßenabschnitte erweitert und die veränderte Emissionssituation berücksichtigt. Zusätzlich zu der Basisuntersuchung wurden die Beiträge aller hessischen Emissionen, der Quellgruppen Industrie, Gebäudeheizung und Kleinverbraucher sowie Kfz-Verkehr bestimmt. Weitere Szenarien betreffen den Autobahnverkehr im Untersuchungsgebiet Kassel sowie einzelne Industrieanlagen in den Gebieten Kassel und Wetzlar. Um den Einfluss der Meteorologie exemplarisch abzuschätzen, wurde schließlich für das Untersuchungsgebiet Kassel ein Szenario für das meteorologische Bezugsjahr 2005 berechnet.

Die Ermittlung der Konzentrationen erfolgte in einem zweistufigen Verfahren. Die urbane Vorbelastung wurde mit dem photochemischen Transportmodell REM-CALGRID (RCG) berechnet. Damit war gewährleistet, dass die zur NO<sub>2</sub>-Vorbelastung und zur PM<sub>10</sub>-Vorbelastung beitragenden chemisch-physikalischen Prozesse der Oxidantien- und Aerosolbildung angemessen berücksichtigt wurden. Die Zusatzbelastung im Straßenraum wurde mit dem Canyon-Plume-Box-Modell (CPB) berechnet. Dabei wurden NO<sub>2</sub>-Direktemissionen des Kfz-Verkehrs und relevante chemische Umwandlungsprozesse zur NO<sub>2</sub>-Bildung im Straßenraum berücksichtigt.

Als Ergebnis der Modellierung der Vorbelastung werden maximale NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte zwischen 14 bis 41 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Werte über 30 µg/m<sup>3</sup> werden innerhalb Hessens im Einflussbereich stark befahrener Straßen in den Gemeinden Kassel, Limburg und Bad Hersfeld berechnet. Zusätzlich werden Werte von 20 µg/m<sup>3</sup> und mehr innerhalb Hessens in Marburg, Wetzlar/Gießen, Alsfeld, Fulda und Rüdeshelm erreicht. Die mit Abstand höchsten PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte von 37 µg/m<sup>3</sup> wurden in Wetzlar berechnet. Ursache der hohen Konzentrationen sind die bodennahen oder in geringer Höhe emittierenden PM<sub>10</sub>-Quellen der Buderus-Werke. Abgesehen von dieser lokal hohen PM<sub>10</sub>-Belastung bewegen sich die berechneten maximalen PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte im Bereich von 12 µg/m<sup>3</sup> in Bad Schwalbach bis 27 µg/m<sup>3</sup> in Limburg. Wie in Wetzlar scheint auch hier das hohe lokale PM<sub>10</sub>-Maximum auf bodennahe industrielle Emissionen zurückzuführen sein.

Die Verursacheranalyse für die Vorbelastung beruht auf Szenariorechnungen für die bekannten Quellen im Untersuchungsgebiet. Die einzelnen Quellgruppen tragen durch Emissionen außerhalb des Untersuchungsgebiets zum Ferntransport in das Untersuchungsgebiet bei, und die Anteile der einzelnen Quellgruppen an der gesamten Vorbelastung sind damit streng genommen höher als die hier ermittelten Beiträge aufgrund von Emissionen im Untersuchungsgebiet.

In den Untersuchungsgebieten betragen die Kfz-Anteile an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung im Nahbereich von Straßen bis zu 80 %. In vielen Untersuchungsgebieten liefert der Kfz-Verkehr auch für große Bereiche, die nicht in unmittelbarer Nähe von großen Verkehrsachsen liegen, den größten Anteil an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung. Die Anteile der Quell-

gruppe Industrie liegen in den meisten Gebieten zwischen 1 und 19 %. Lediglich in Limburg und Wetzlar werden lokal Beiträge über 25 % berechnet. Die Gebäudeheizung weist die höchsten Anteile in den Stadtgebieten mit Werten zwischen 10 und 17 % auf. Die Beiträge an der NO<sub>2</sub>-Vorbelastung, die von Emissionsquellen innerhalb Hessens insgesamt verursacht werden, liegen zwischen 11 und 86 %.

Bei PM10 ergibt sich im Nahbereich von Straßen ein Verkehrsanteil von über 15 und bis zu 23 %. Entfernt von den Quellen nehmen die Anteilswerte schnell auf unter 10 % ab. Die Anteile der Quellgruppe Industrie liegen in den überwiegenden Teilen der Untersuchungsgebiete unter 18 %, können in stärker belasteten Bereichen lokal aber auch Werte von bis zu 67 % erreichen. Die Gebäudeheizung weist die höchsten Anteile in den Stadtgebieten mit Werten zwischen 3 und 6 % auf. Die Beiträge an der PM10-Vorbelastung, die von Emissionsquellen innerhalb Hessens insgesamt verursacht werden, liegen überwiegend zwischen 8 und 43 %, können in lokal durch Industrie belasteten Bereichen aber auch Werte von bis zu 76 % erreichen

Die Berechnungen für das Autobahn-Szenario im Untersuchungsgebiet Kassel zeigen, dass die hessischen Autobahnen im Untersuchungsgebiet bei NO<sub>2</sub> und PM10 bis zur Hälfte der durch den Kfz-Verkehr verursachten Vorbelastung im Stadtgebiet verursachen. In der Nähe der Autobahnen steigt ihr Anteil auf über zwei Drittel.

Die Berechnungen im Untersuchungsgebiet Kassel zeigen, dass das VW-Werk Baunatal sowohl für NO<sub>2</sub> als auch für PM10 nur geringe Beiträge zur Vorbelastung beisteuert. Für den Ausbau des Buderus-Werks in Wetzlar werden sehr geringe NO<sub>2</sub>-Abnahmen berechnet. Die Auswirkungen auf die PM10-Vorbelastung sind mit berechneten relativen Abnahmen bis zu 24 % durchaus relevant, wenn auch lokal beschränkt. Bei der Bewertung der industriellen Szenarien ist allerdings zu beachten, dass ein Gittermodell, wie es hier verwendet wurde, nur bedingt geeignet ist, die Konzentrationsbeiträge punktförmiger Emissionen im Nahbereich zu bestimmen.

Die Berechnungen der Gesamtbelastung für die 87 Straßenräume zeigen, dass unter den gegebenen Bedingungen an 19 Abschnitten Überschreitungen des seit 2010 gültigen NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwerts und an drei bis vier Abschnitten Überschreitungen des PM10-Tagesgrenzwerts prognostiziert werden. Leitet man für NO<sub>2</sub> aus dem Vergleich mit den Messwerten einen Sicherheitszuschlag in Höhe von 20 % ab und wendet diesen auf die modellierten Gesamtbelastungen an, werden für insgesamt 35 Abschnitte NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte über 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet.

Die Verursacheranalyse für NO<sub>2</sub> zeigt, dass der summierte Kfz-Anteil im Mittel 62 % beträgt. Im Straßenraum wird im Mittel etwas weniger als die Hälfte der NO<sub>2</sub>-Zusatzbelastung photochemisch gebildet, etwas mehr als die Hälfte stammt aus NO<sub>2</sub>-Direktemissionen des Kfz-Verkehrs. Die Anteile der Quellgruppen Industrie sowie Gebäudeheizung und Kleinverbraucher liegen im Mittel bei 3 bzw. 8 %. Der Verursacheranteile des Kfz-Verkehrs an der PM10-Belastung liegt im Abschnitt mit der höchsten Gesamtbelastung bei knapp über 50 %, wobei davon fast 90 % direkt aus dem untersuchten Straßenraum stammen. Gemittelt über alle Straßenräume beträgt der Anteil der Vorbelastung ohne Kfz-Verkehr 71 %. Die Anteile der Quellgruppen Industrie und Gebäudeheizung liegen im Mittel bei jeweils 3 %.

## 9 Literatur

4. BImSchV, 2010: Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. (Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV). In der Fassung vom 26.11.2010. BGBl. I S. 1643. 2010.
11. BImSchV, 2010: Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Emissionserklärungen - 11. BImSchV). In der Fassung vom 26.11.2010. BGBl. I S. 1643. 2010.
34. BImSchV, 2006: Vierunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Lärmkartierung - 34. BImSchV). In der Fassung vom 06.03.2006. BGBl. I S. 516. 2006.
39. BImSchV, 2010: Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV). In der Fassung vom 02.08.2010. BGBl. I S. 1065
- ANDRÉ, M.; FANTOZZI, C.; ADRA, N., 2006: Development of an approach for estimating the pollutant emissions from road transport at a street level. Report INRETS-LTE 0628. Transport and Environment Laboratory, INRETS. 2006.
- ATKIS, 2003: [http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst\\_start?dst\\_oar=1001&inf\\_sprache=deu&c1=1&dst\\_typ=25&dst\\_ver=dst&dst\\_land=HE](http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start?dst_oar=1001&inf_sprache=deu&c1=1&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=HE). 2003.
- BBSR, 2010: [http://www.bbr.bund.de/nn\\_103086/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Werkzeuge/Raumabgrenzungen/Raumtypen2010/Raumtypen2010.html](http://www.bbr.bund.de/nn_103086/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Werkzeuge/Raumabgrenzungen/Raumtypen2010/Raumtypen2010.html). 2010.
- DÜRING, I.; LOHMEYER, A., 2004: Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL (Hrsg.): KRdL-Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe. KRdL-Schriftenreihe Band 33. Düsseldorf, 2004.
- DB, 2010: Datenlieferung der DB-AG zu Emissionen des Schienenverkehrs in Hessen für 2008 entsprechend LÖCHTER, A.; SEIFERT, A. (2007). Berlin, 2010.
- EU, 2008: Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union Nr. L 152, S. 1. 2008.
- FRAPORT, 2008: Flugrouten, Steigprofile und Emissionen des Flugverkehrs 2005. Datenlieferung. FRAPORT AG, 2008.
- HCM, 2000: Highway Capacity Manual (HCM). Transportation Research Board. Washington, D.C., 2000.
- HERTEL, O.; BERKOWICZ, R., 1989: Modelling NO<sub>2</sub> concentrations in a street canyon. DMU Luft A-131. National Environmental Research Institute, Division of Emissions and Air pollution, Denmark. 1989.
- HLUG, 2009: Lufthygienischer Jahresbericht 2008. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Wiesbaden, 2009.
- HLUG, 2010A: Lufthygienischer Jahresbericht 2009. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Wiesbaden, 2010.
- HLUG, 2010B: Messwerte Passivsammler 2008 und 2009. Datenlieferung. Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. Wiesbaden, 2010.

IBJ, 2006: G 13.1 Luftschadstoffgutachten - Flugverkehr; Ausbau Flughafen Frankfurt Main, Unterlagen zur Planfeststellung. Ingenieurbüro Janicke. 2006.

INFRAS, 2004: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. HBEFA Version 2.1. Auftraggeber: UBA Berlin, BUWAL Bern, UBA Wien. 2004.

INFRAS, 2010: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. HBEFA Version 3.1. Dokumentation in Vorbereitung. Auftraggeber: UBA Berlin, BAFU Bern, UBA Wien u. a. 2010.

IVU, 1996A: Entwicklung eines Modellinstrumentariums für § 40 Abs. 2 BImSchG (Inerte Schadstoffe). Teilvorhaben I im Rahmen des Projekts „Entwicklung eines Modellinstrumentariums zur immissionsseitigen Bewertung von Kfz-Emissionen“. FE-Vorhaben FKZ 105 02 812/2. Auftraggeber: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. 1996.

IVU, 1996B: Canyon Plume Box Modell, Version 3, Release 8. Handbuch. Abschlußbericht FE-Vorhaben FKZ 104 02 811. Anhang A. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 1996.

IVU UMWELT, 2006A: Ausbreitungsrechnungen zum Luftreinhalteplan Lahn-Dill. Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. 2006.

IVU UMWELT, 2006B: IVU Umwelt 2006: Ausbreitungsrechnungen mit dem RCG/CPB-Modell als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Kassel. Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. 2006.

IVU UMWELT, 2006C: G 13.3: Luftschadstoffgutachten - Kfz-Verkehr und stationäre Quellen im Umland; Ausbau Flughafen Frankfurt Main, Unterlagen zur Planfeststellung. 2006.

IVU UMWELT, 2006D: Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid. FKZ 204 42 222. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Unter Mitarbeit von ifeu Heidelberg GmbH. 2006.

IVU UMWELT, 2007: Aktualisierung der Datengrundlage für EKatDyn. Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. 2007.

IVU Umwelt, 2009: Ausbreitungsrechnungen für den Ballungsraum Rhein-Main als Beitrag zur Ursachenanalyse für den Luftreinhalteplan Rhein-Main. Auftraggeber: Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie. 2009.

IVU UMWELT, 2010A: IMMIS<sup>em/luft/lärm</sup> - Handbuch zur Version 5. 2010.

IVU UMWELT, 2010B: Neuerungen IMMIS<sup>em/luft</sup> Version 5.1. IVU Umwelt GmbH Freiburg. 2010.

JÖRß, W.; KUGLER, U.; THELOKE, J., 2010: Emissionen im PAREST-Referenzszenario 2005 – 2020. PAREST-Hintergrundbericht. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. FE-Vorhaben FKZ 206 43 200/01. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2010.

KERSCHBAUMER, A.; REIMER, E., 2003: Erstellung der Meteorologischen Eingangsdaten für das REM/CALGRID-Modell: Modellregion Berlin-Brandenburg. Abschlussbericht zum UBA-Forschungsvorhaben FE-Vorhaben 299 43 246. Freie Universität Berlin. Institut für Meteorologie. 2003.

KERSCHBAUMER, A.; STERN, R.; REIMER, E., 2005: Ausbreitungsrechnungen mit dem Aerosol-Chemie-Transportmodell REM/CALGRID für die Region Berlin-Brandenburg. Abschlußbericht. Im Rahmen des Projekts „Untersuchung des Potentials und der Um-

setzbarkeit von Maßnahmen und der damit erzielbaren Minderungen der Feinstaub- (PM<sub>10</sub>) und Stickoxidemissionen in Berlin“. Institut für Meteorologie, FU Berlin. Auftraggeber: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin. 2005.

LÖCHTER, A.; SEIFERT, A., 2007: Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragener Schadstoffe des Schienenverkehrs. Immissionsschutz 12 Nr. 4, S. 169-175. 2007.

MUVEDA, 2006: G 13.2 Luftschadstoffgutachten - Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände; Ausbau Flughafen Frankfurt Main, Unterlagen zur Planfeststellung. MUVEDA GbR. 2006.

KRD L, 2003: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL. Düsseldorf, 2003.

PAREST, 2010: Tagungsband zum Fachgespräch „Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung - PAREST“. 10.06.2010 in Berlin. FE-Vorhaben FKZ 206 43 200/01. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2010. Siehe auch [www.parest.de](http://www.parest.de)

PUTAUD, J. ET AL, 2004: Putaud, J.; Raesa, F.; Van Dingenen, R.; Brüggemann, E.; Facchini, M.; Decesari, S.; Fuzzi, S.; Gehrig, R.; Hueglin, C.; Laj, P.; Lorbeer, G.; Maenhaut, W.; Mihalopoulos, N.; Mueller, K.; Querol, X.; Rodriguez, S.; Schneider, J.; Spindler, G.; ten Brink, H.; Tørseth, K.; Wiedensohler, A., 2004: A European aerosol phenomenology - 2: chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe. *Atmospheric Environment* 38 2579–2595. 2004.

REIMER, E.; SCHERER, B., 1992. An operational meteorological diagnostic system for regional air pollution analysis and long-term modelling, *Air Poll. Modelling and its Applications IX*. Plenum Press. 1992.

SARTELET, K. ET AL, 2007: Sartelet, K.; Debry, E.; Fahey, K.; Roustan, Y.; Tombette, M.; Sportisse, B., 2007: Simulation of aerosols and gas-phase species over Europe with the POLYPHEMUS system. part I: model-to-data comparison for 2001. *Atmospheric Environment* 41 6116-6131. 2007.

STERN, R.; GRAFF, A.; YAMARTINO, R. J., 2003A: Dispersion Modelling within the European Community's Air Quality Framework Directive: long-term modelling of O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub>. Presented at the 26th ITM on Air Pollution Modelling and its Application. May 26-30, 2003, Istanbul, Turkey. 2003.

STERN, R.; FATH, J.; KERSCHBAUMER, A., 2003B: Erstellung der Emissionsdatenbasis Berlin-Brandenburg. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 29943 246 auf dem Gebiet des Umweltschutzes "Entwicklung eines Modellsystems für das Zusammenspiel von Messung und Rechnung für die bundeseinheitliche Umsetzung der EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität". Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2003.

STERN, R., 2003C: Entwicklung und Anwendung des chemischen Transportmodells REM/CALGRID. Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 298 41 252 "Modellierung und Prüfung von Strategien zur Verminderung der Belastung durch Ozon". Im Auftrag des Umweltbundesamtes. 2003.

STERN, R., KERSCHBAUMER, A., REIMER, E., 2005A: Ausbreitungsrechnungen mit dem chemischen Transportmodell REM-CALGRID als Beitrag zur Ursachenanalyse im Ballungsraum Kassel. Bericht für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie im Unterauftrag der IVU-Umwelt GmbH. 2005.

STERN, R., KERSCHBAUMER, A., REIMER, E., 2005B: Ausbreitungsrechnungen mit dem chemischen Transportmodell REM-CALGRID als Beitrag zur Ursachenanalyse im Rhein-Main Gebiet. Bericht für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie im Unterauftrag der IVU Umwelt GmbH. 2005.

STERN, R., KERSCHBAUMER, A., REIMER, E., 2005C: Ausbreitungsrechnungen mit dem chemischen Transportmodell REM-CALGRID als Beitrag zur Ursachenanalyse im Lahn-Dill Gebiet. Bericht für das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie im Unterauftrag der IVU Umwelt GmbH. 2005.

STERN, R., 2005D: Der Beitrag des Ferntransports zu den PM10- und den NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Deutschland: Eine Modellstudie. KRdL-Experten-Forum "Partikel und Stickstoffdioxid", VDI-KRdL-Schriftenreihe 34. 2005.

STERN, R., 2006A: Großräumige PM10-Ausbreitungsmodellierung: Abschätzung der gegenwärtigen Immissionsbelastung in Europa und Prognose bis 2010. In: „Feinstaub und Stickstoffdioxid“ Wirkung-Quellen-Luftreinhaltepläne-Minderungsmaßnahmen. Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung und KRdL Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN. Beuth Verlag GmbH. 2006.

STERN, R., 2006B: Der Beitrag des Ferntransports zu den PM10- und den NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in Deutschland unter besonderer Betrachtung der polnischen Emissionen: Eine Modellstudie. Abschlussbericht zu dem F&E-Vorhaben 204 42 202/03 „Analyse und Bewertung der Immissionsbelastung durch Feinstaub in Deutschland durch Ferntransporte“ und zu dem F&E-Vorhaben 202 43 270 „Entwicklung von Modellen zur Identifizierung von Schadstoffquellen -insbesondere im Verkehrsbereich- im Rahmen der 22. BImSchV - Dokumentation, Weiterentwicklung, Validierung und Maßnahmenplanung für ein bundeseinheitliches Vorgehen“. 2006.

STERN, R. ET.AL., 2008: Stern, R.; Builtjes, P.; Schaap, M.; Timmermans, R.; Vautard, R.; Hodzic, A.; Memmesheimer, M.; Feldmann, H.; Renner, E.; Wolke, R.; Kerschbaumer, A., 2008: A model inter-comparison study focussing on episodes with elevated PM10 concentrations. Atmospheric Environment 42 4567-4588. 2008.

TA LUFT, 2002: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz. In der Fassung vom 24.07.2002. GMBI. Nr. 25 - 29, S. 511. 2002.

VAUTARD, R. ET. AL., 2007: Vautard, R.; Builtjes P.; Thunis, P.; Cuvelier, K.; Bedogni, M.; Bessagnet, B.; Honoré, C.; Moussiopoulos, N.; Schaap, M.; Stern, R.; Tarrason, L.; van Loon, M., 2007: Evaluation and intercomparison of Ozone and PM10 simulations by several chemistry-transport models over 4 European cities within the City-Delta project, 2007. Atmospheric Environment 41 173-188. 2007.

WHYATT, J. D. ET. AL., 2007: Whyatt, J. D.; Metcalfe, S. E.; Nicholson, J.; Derwent, R. G.; Page, T.; Stedman, J. R., 2007: Regional scale modelling of particulate matter in the UK, source attribution and an assessment of uncertainties. Atmospheric Environment 41 3315–3327. 2007.

YAMARTINO, R. J.; WIEGAND, G., 1986: Development and Evaluation of Simple Models for the Flow, Turbulence and Pollutant Concentration Fields within an Urban Street Canyon. Atmospheric Environment 20 2137-2156. 1986.

# A Anhang

## A.1 Darstellung der Straßenräume

Im Folgenden sind die Querschnitte der 87 ausgewählten Straßenräume dargestellt. Die Kennnummern IDx in den Bildunterschriften beziehen sich auf Tabelle 4-1.

ID: 1

Name: Bad Schwalbach: Bahnhofstr.

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

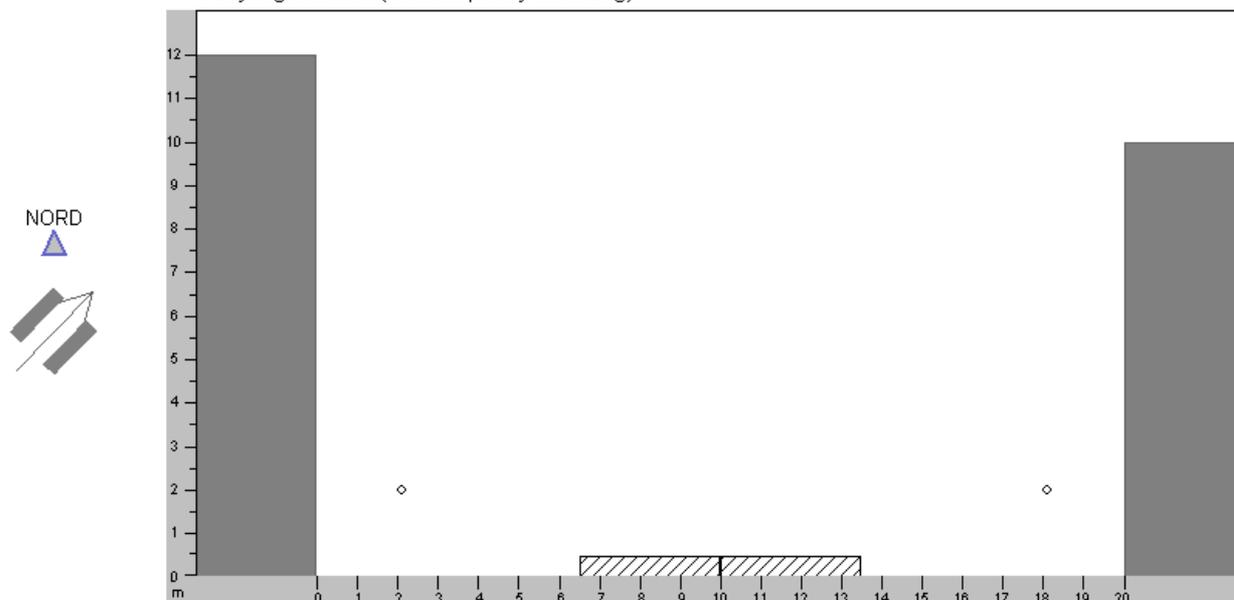
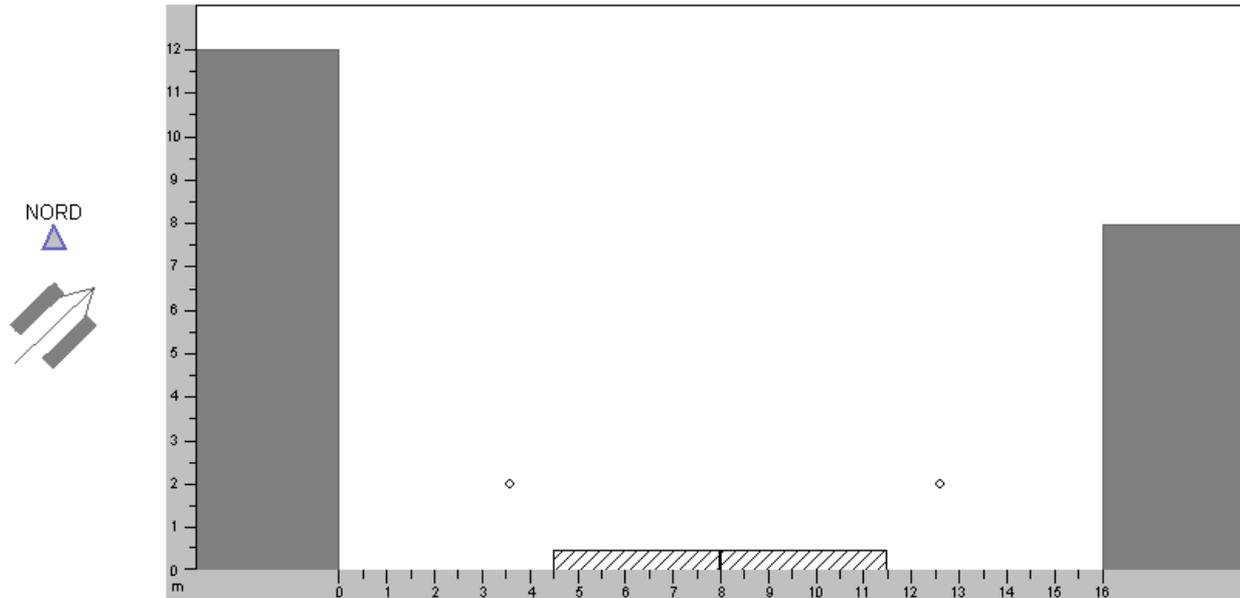


Abbildung A-1: Straßenraum Querschnitt - ID1

ID: 2

Name: Bad Schwalbach: Adolfstr.

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

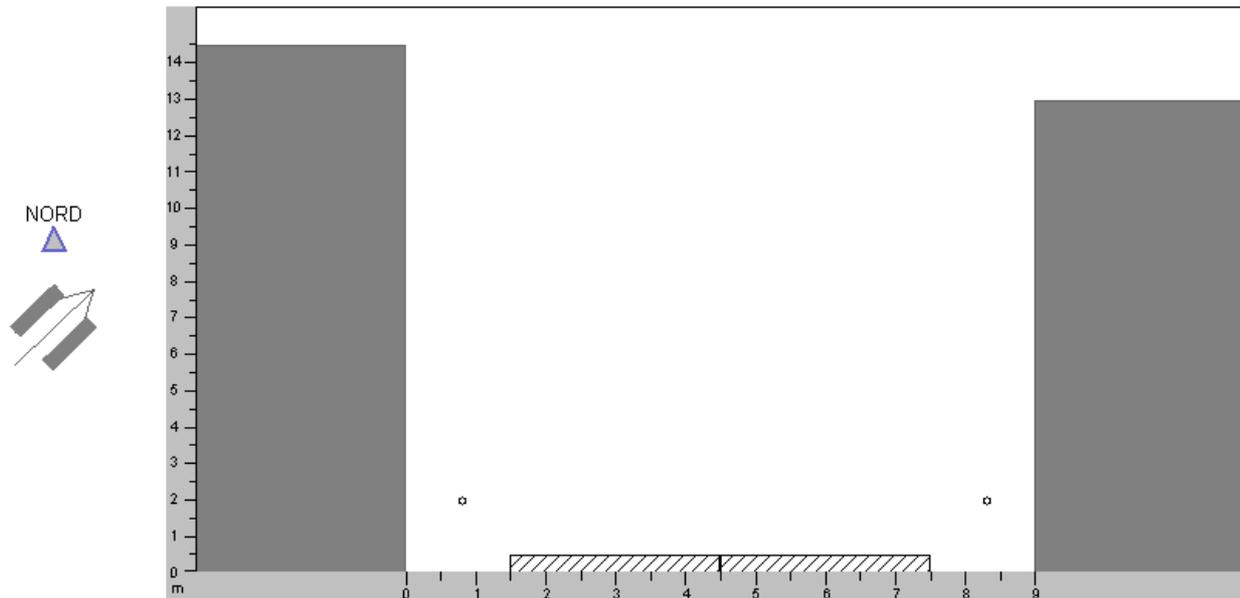


**Abbildung A-2: Straßenraum Querschnitt - ID2**

ID: 3

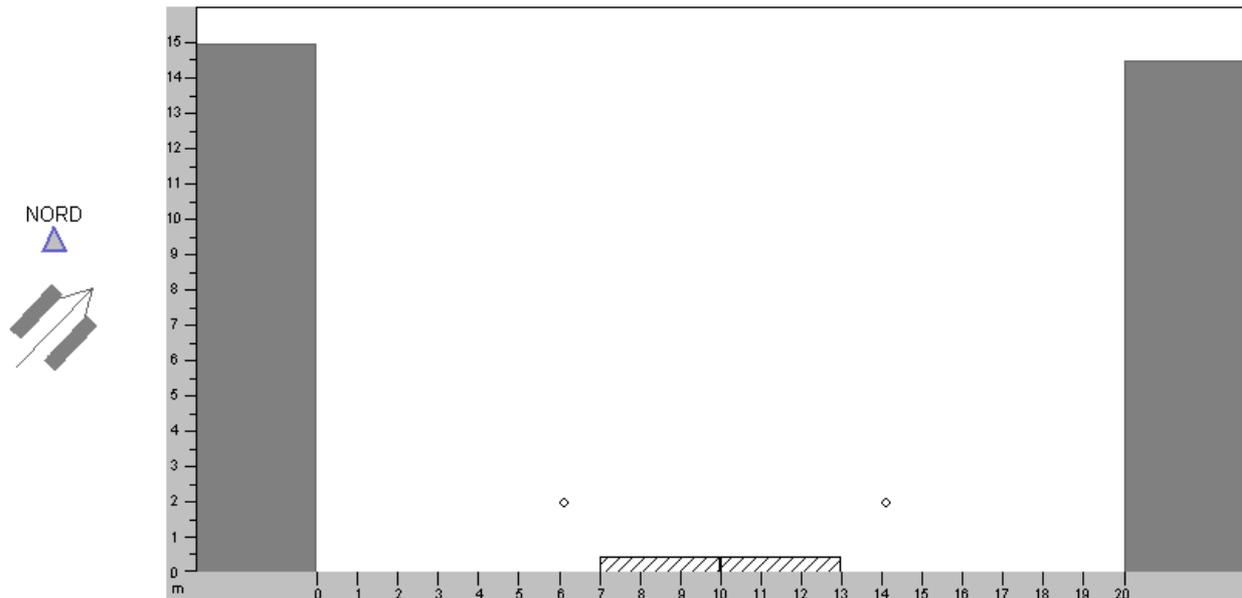
Name: Bad Schwalbach: Adolfstr.

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



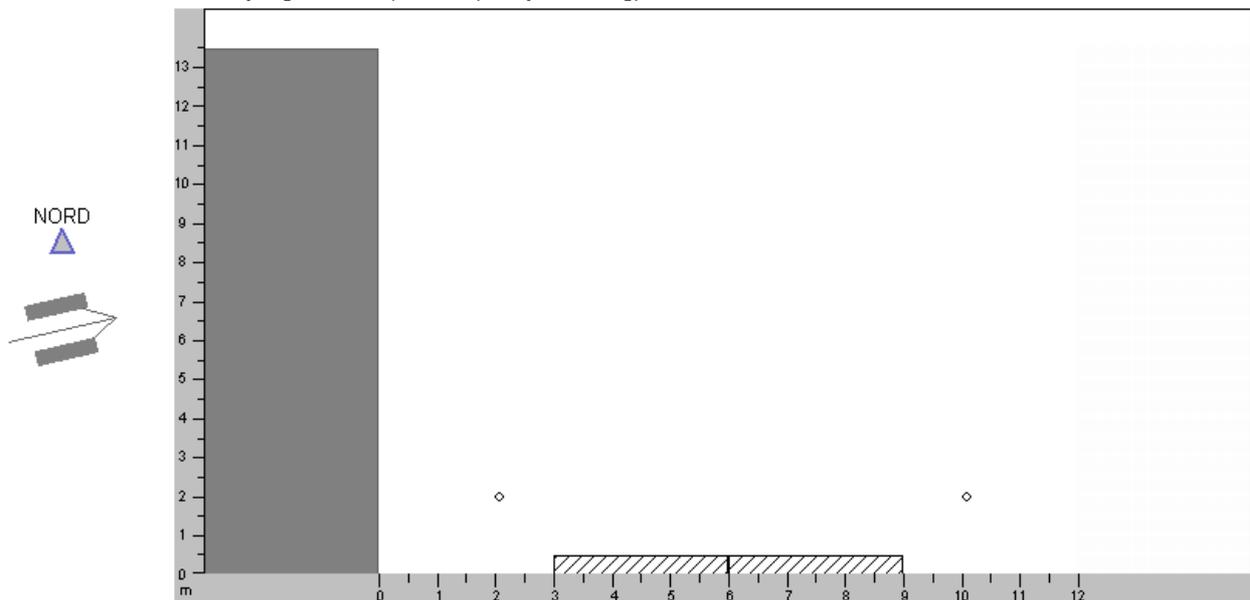
**Abbildung A-3: Straßenraum Querschnitt - ID3**

ID: 4 Name: Bad Schwalbach: Rheinstr./Am Kurpark  
 Canyonometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-4: Straßenraum Querschnitt - ID4**

ID: 5 Name: Bad Schwalbach: Reitallee/Am Kurpark  
 Canyonometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

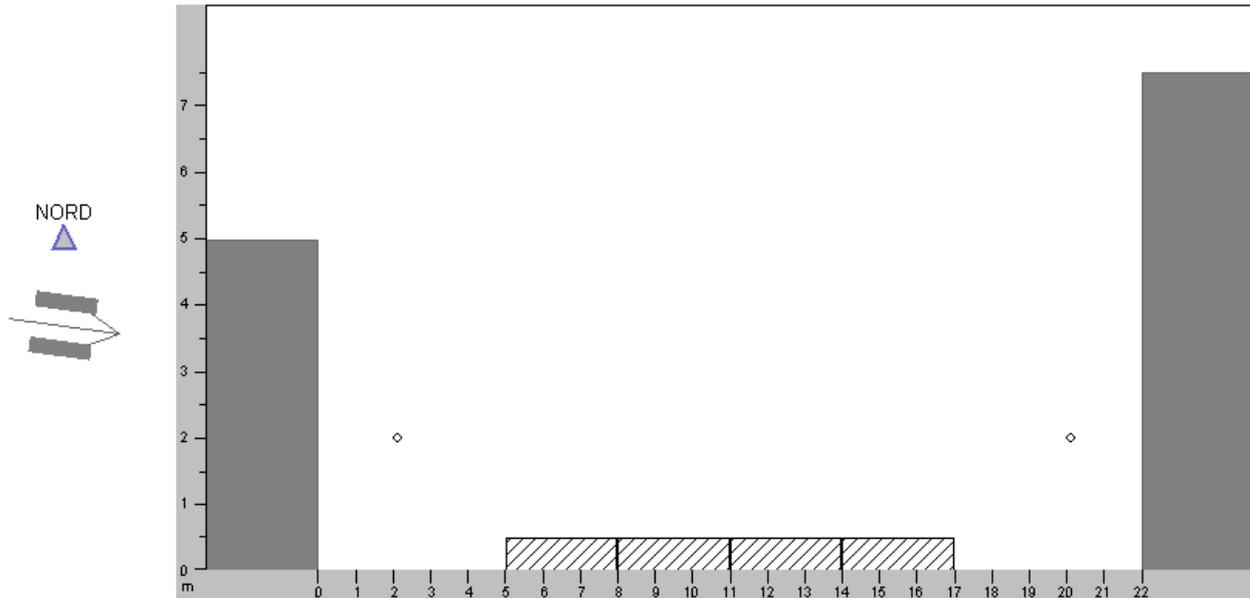


**Abbildung A-5: Straßenraum Querschnitt - ID5**

ID: 6

Name: Eschwege: Niederhorner Str.

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

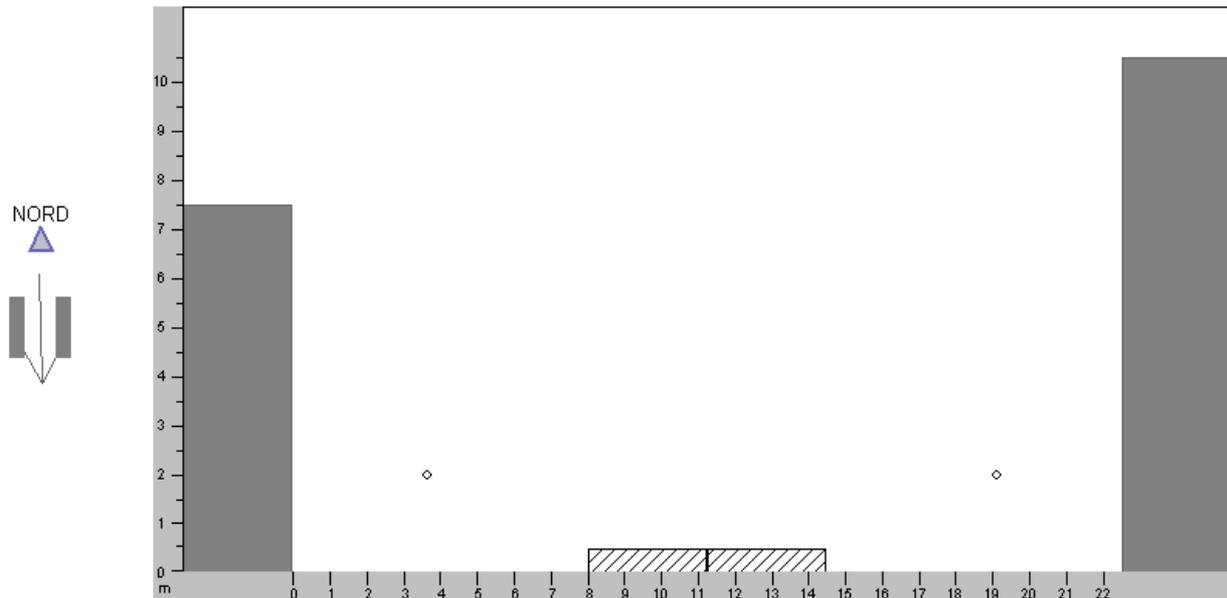


**Abbildung A-6: Straßenraum Querschnitt - ID6**

ID: 7

Name: Fulda: Frankfurter Str. 16

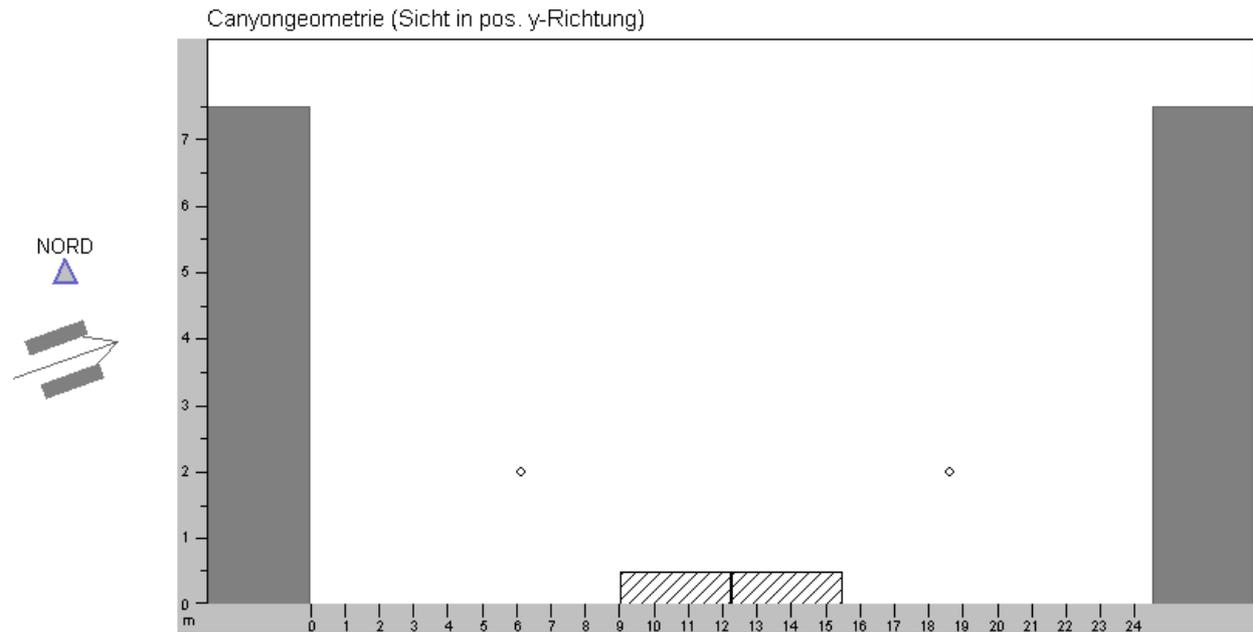
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-7: Straßenraum Querschnitt - ID7**

ID: 8

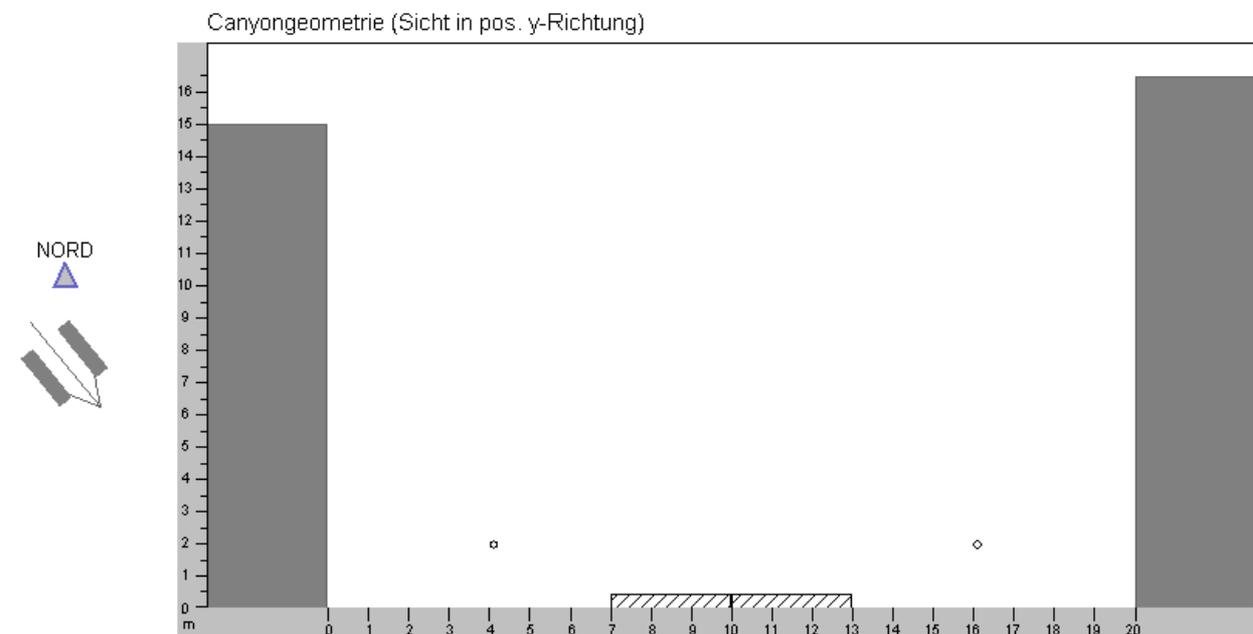
Name: Fulda: Haimbacher Str. 38



**Abbildung A-8: Straßenraum Querschnitt - ID8**

ID: 9

Name: Fulda: Heinrichstr. 33

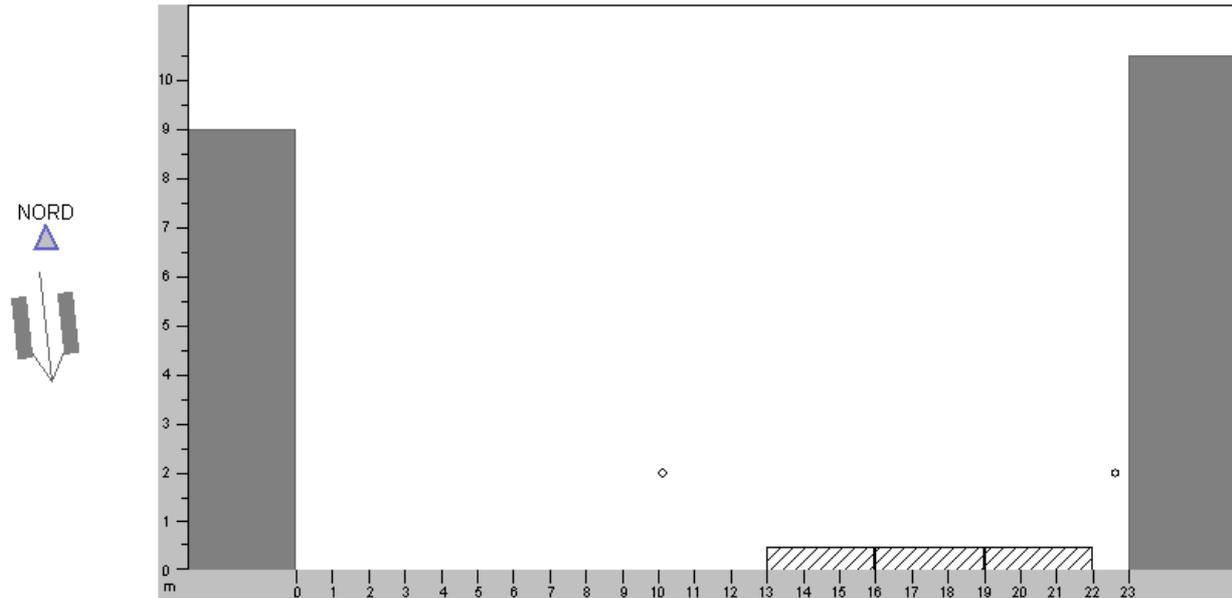


**Abbildung A-9: Straßenraum Querschnitt - ID9**

ID: 10

Name: Fulda: Horaser Weg 40

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

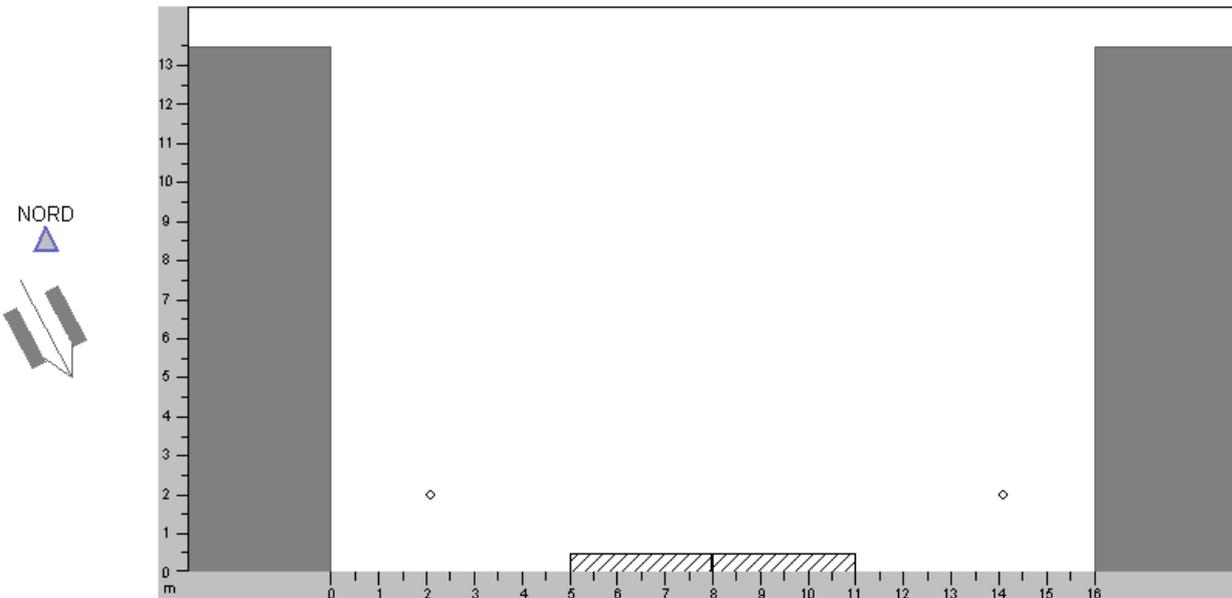


**Abbildung A-10: Straßenraum Querschnitt - ID10**

ID: 11

Name: Fulda: Koenigstr. 52

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

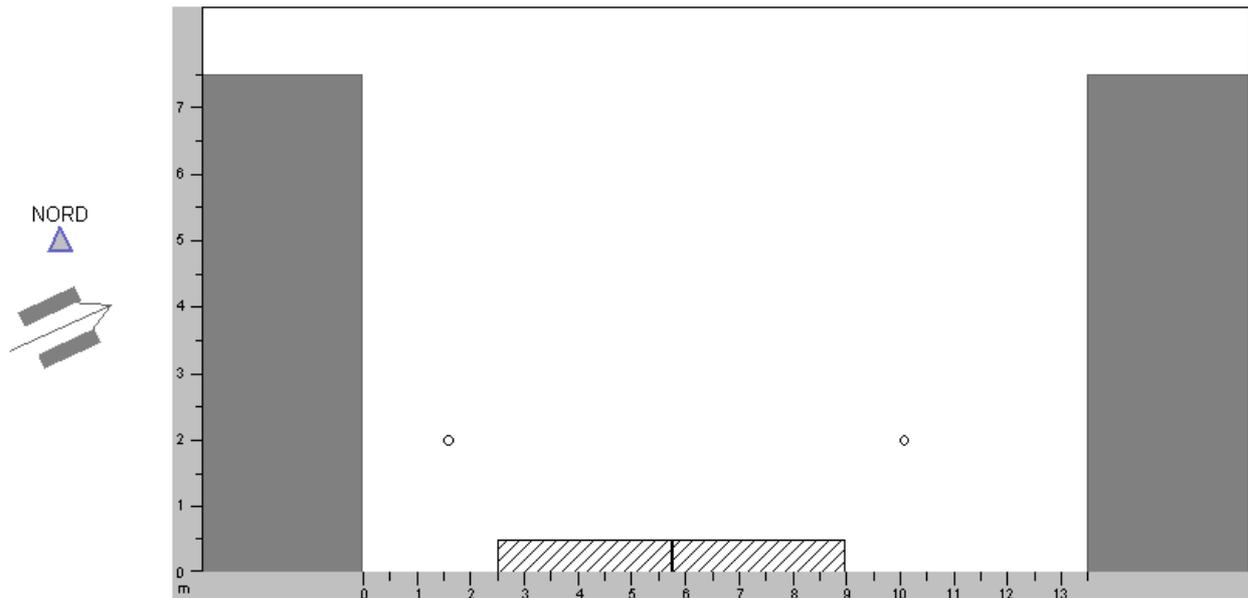


**Abbildung A-11: Straßenraum Querschnitt - ID11**

ID: 12

Name: Fulda: Kohlhaeuser Str. 121

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

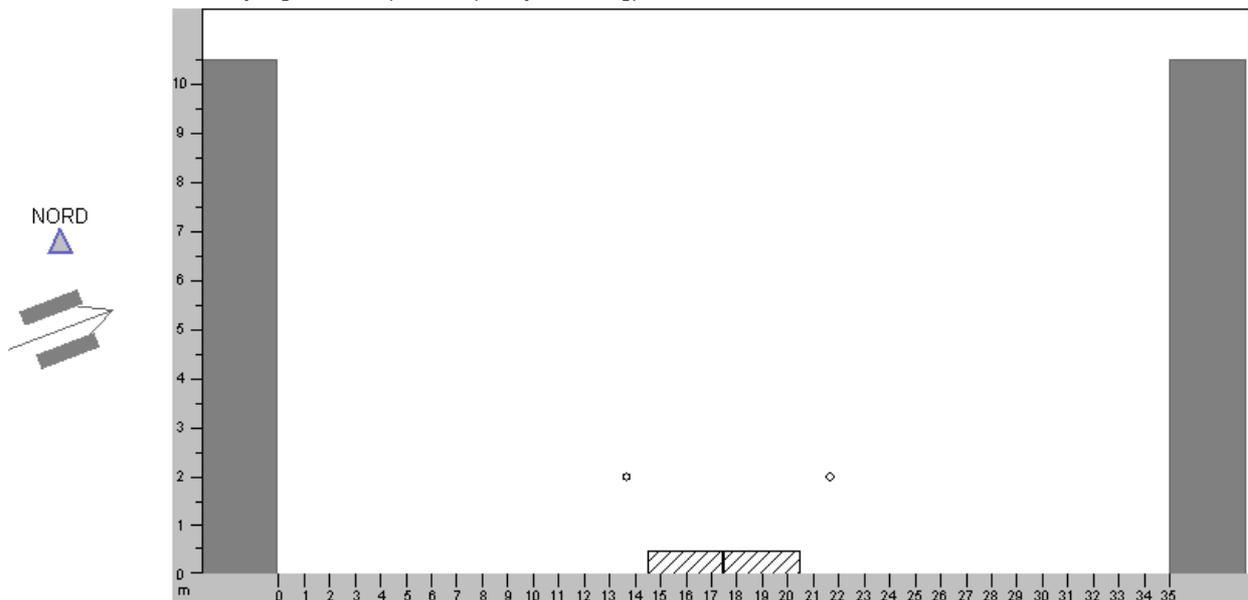


**Abbildung A-12: Straßenraum Querschnitt - ID12**

ID: 13

Name: Fulda: Kreuzbergstr. 27

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

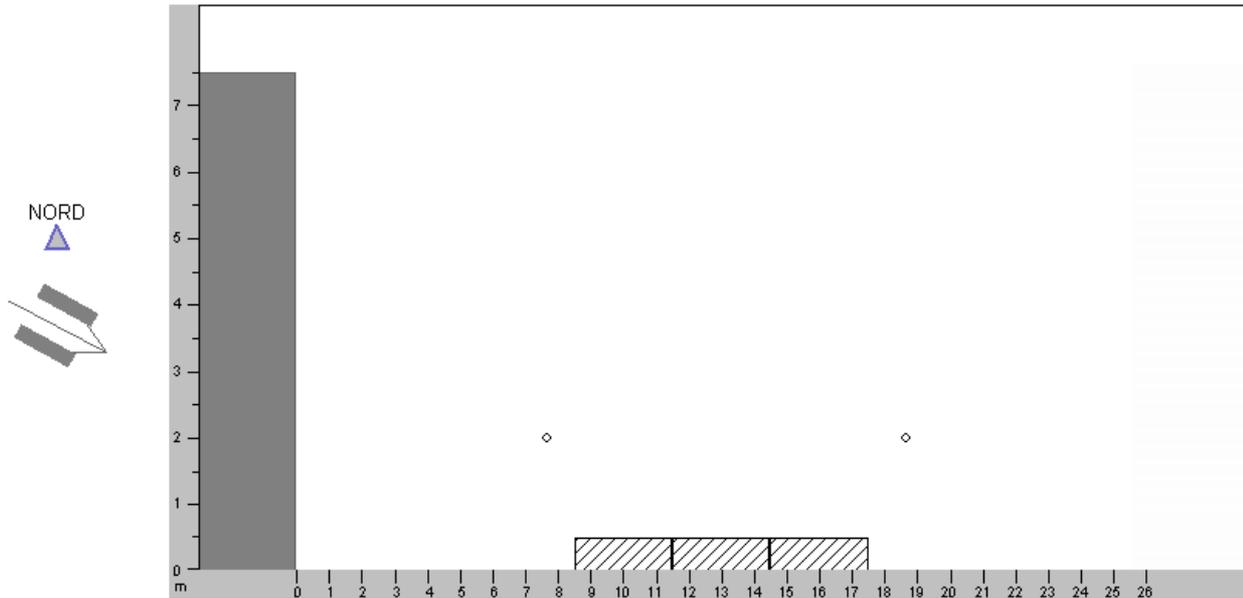


**Abbildung A-13: Straßenraum Querschnitt - ID13**

ID: 14

Name: Fulda: Kuenzeller Str. 93

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

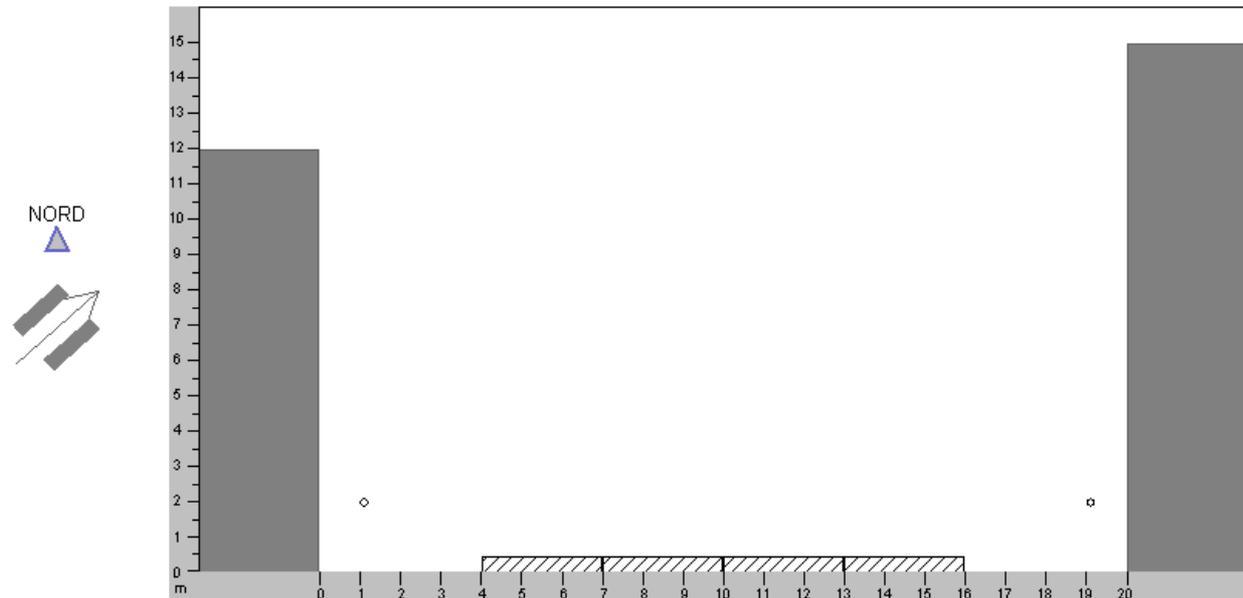


**Abbildung A-14: Straßenraum Querschnitt - ID14**

ID: 15

Name: Fulda: Leipziger Str. 94

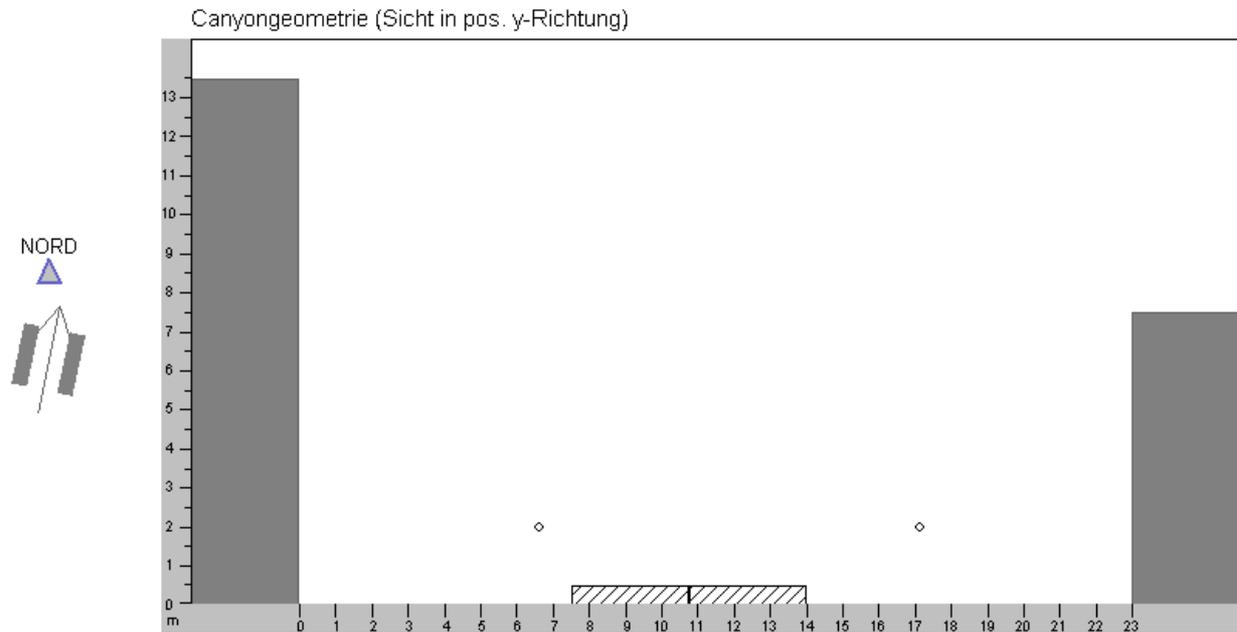
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-15: Straßenraum Querschnitt - ID15**

ID: 16

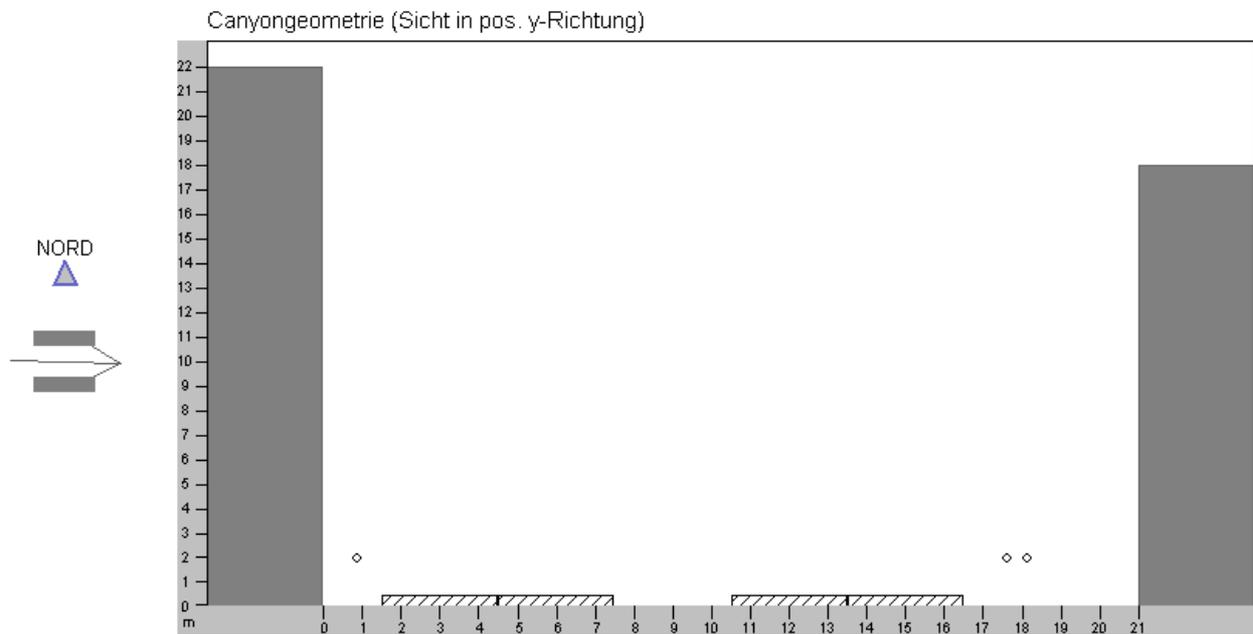
Name: Fulda: Niesiger Str. 23



**Abbildung A-16: Straßenraum Querschnitt - ID16**

ID: 17

Name: Fulda: Petersberger Str. 24-26

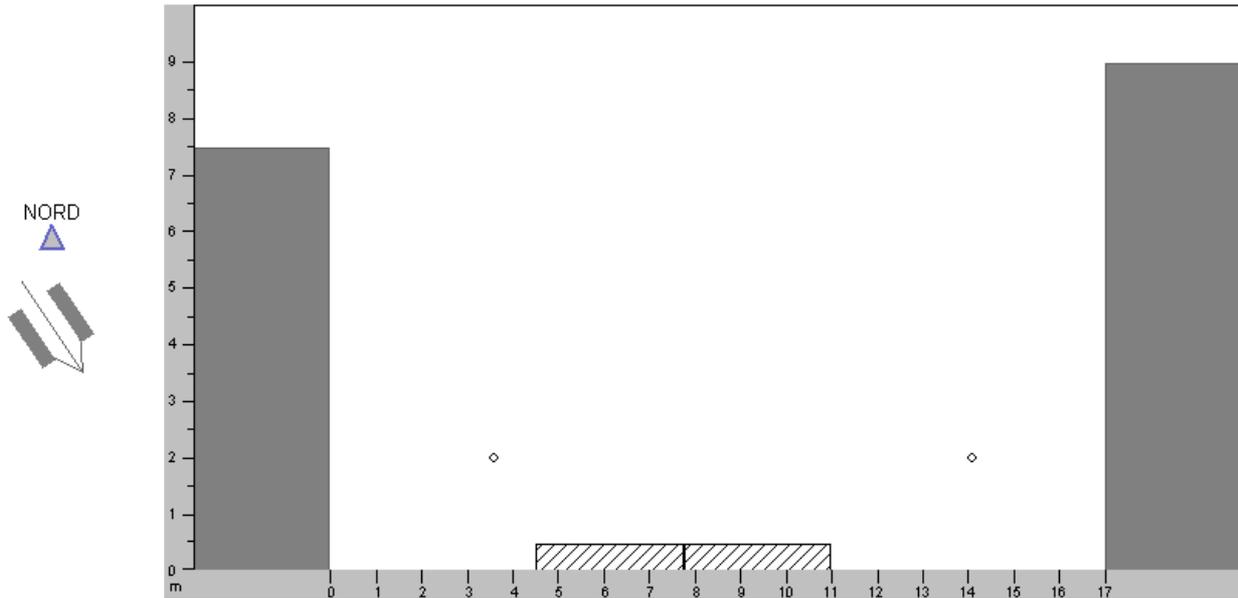


**Abbildung A-17: Straßenraum Querschnitt - ID17**

ID: 18

Name: Fulda: Zieherseer Weg 43

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

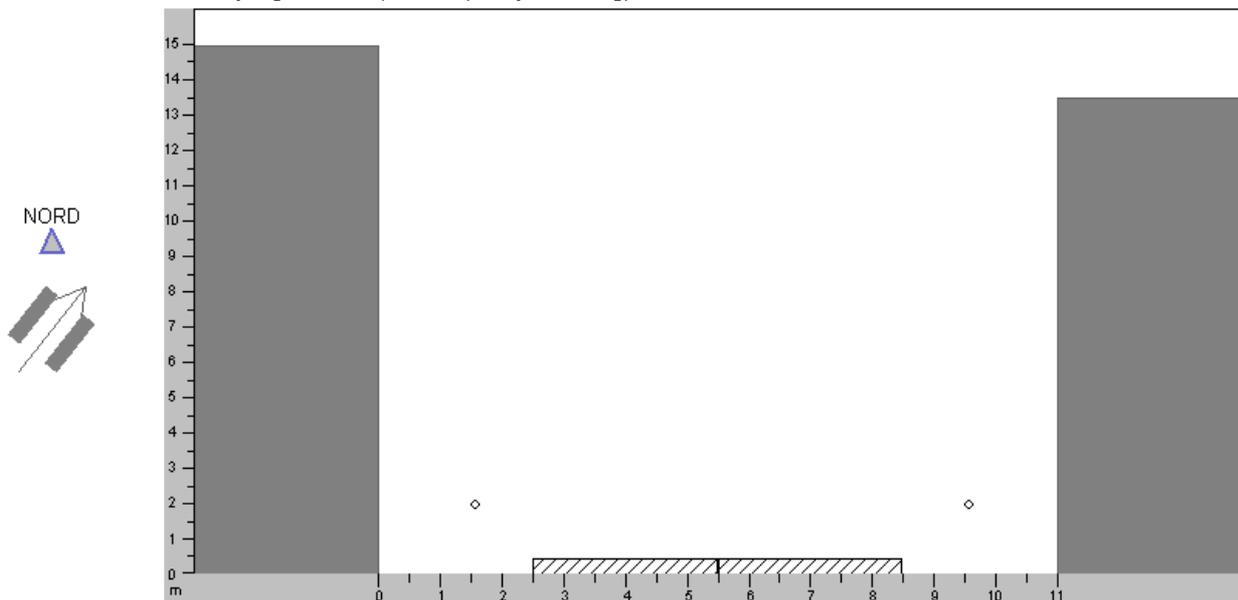


**Abbildung A-18: Straßenraum Querschnitt - ID18**

ID: 19

Name: Giessen: Bahnhofstr. 53

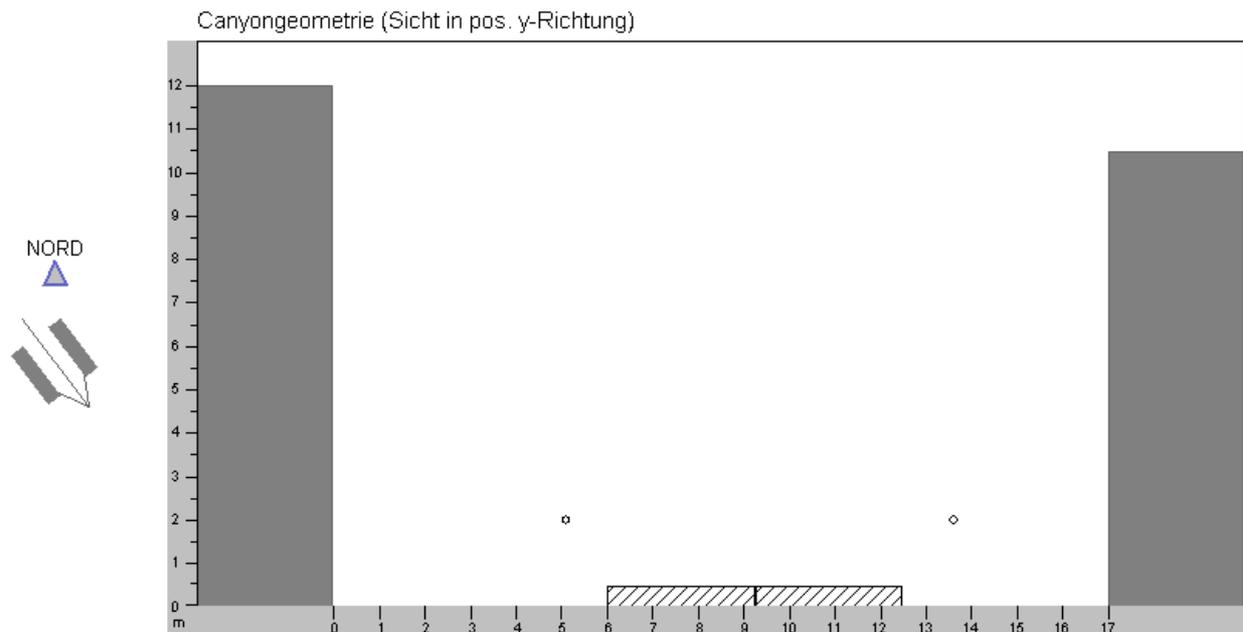
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-19: Straßenraum Querschnitt - ID19**

ID: 20

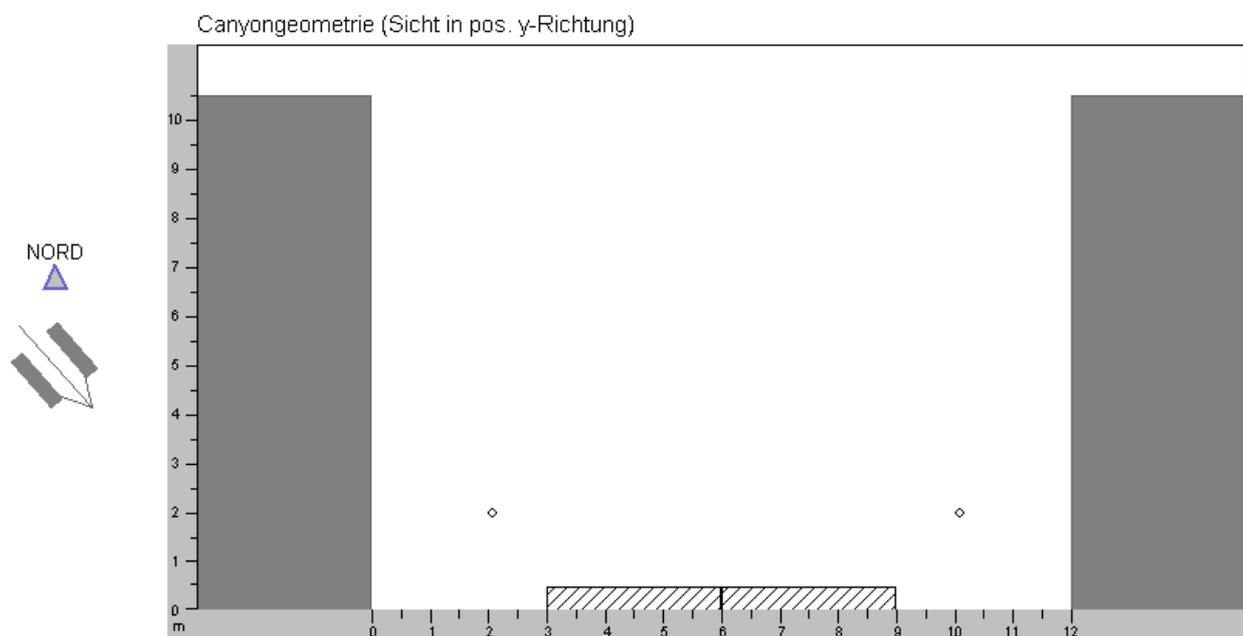
Name: Giessen: Bismarckstr. 22



**Abbildung A-20: Straßenraum Querschnitt - ID20**

ID: 21

Name: Giessen: Bleichstr. 9

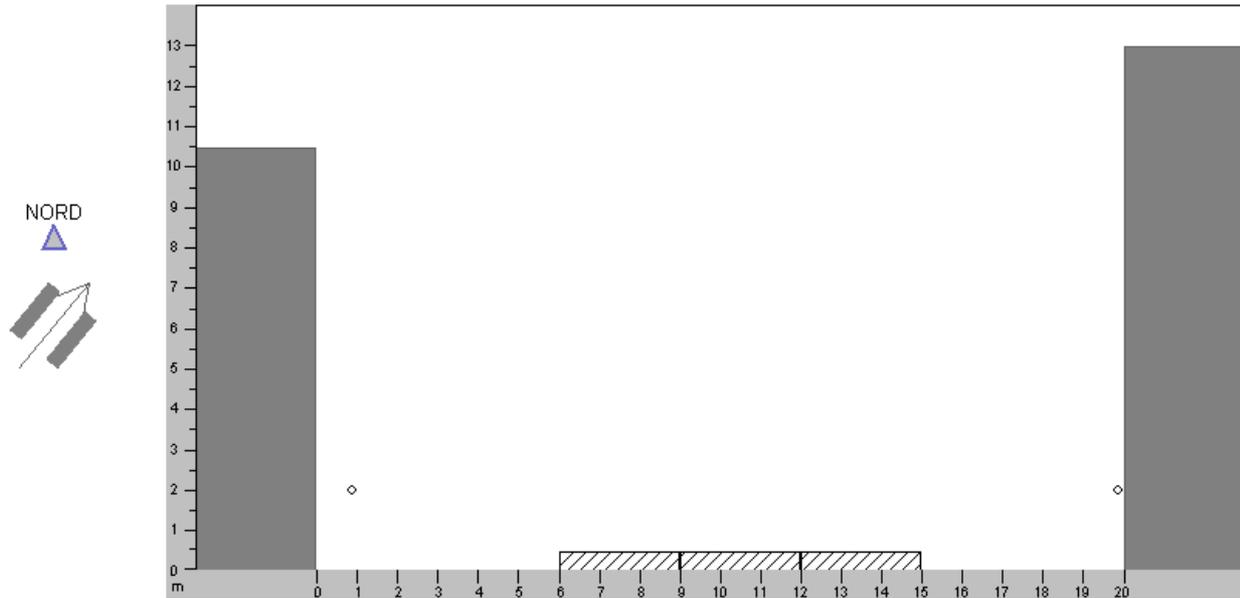


**Abbildung A-21: Straßenraum Querschnitt - ID21**

ID: 22

Name: Giessen: Frankfurter Str. 11

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

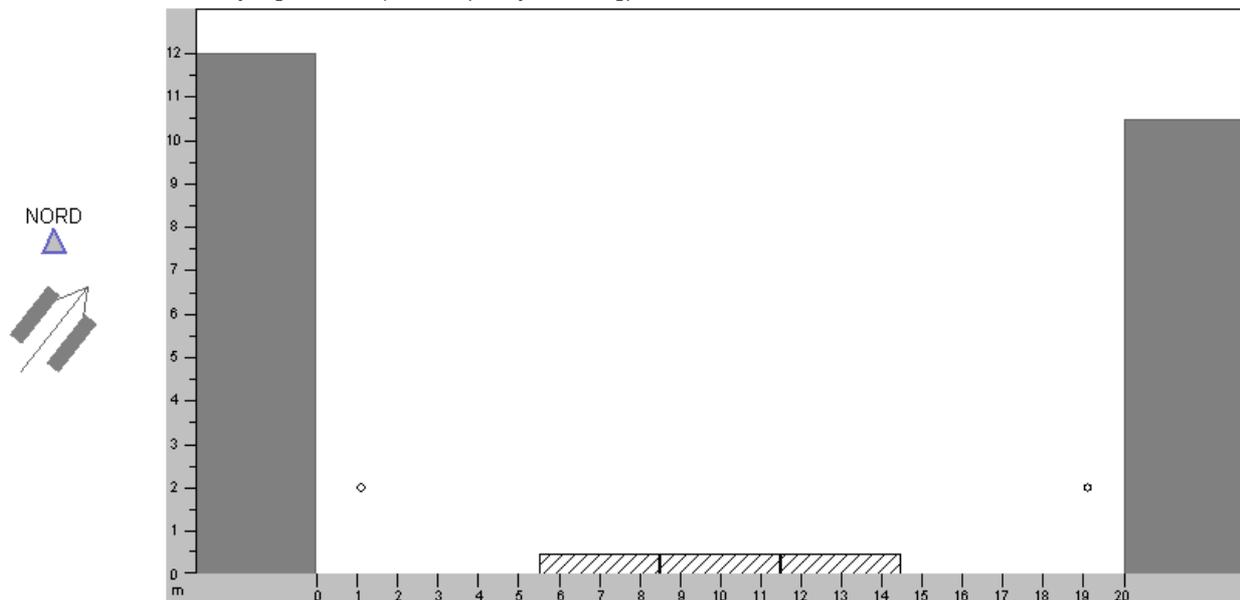


**Abbildung A-22: Straßenraum Querschnitt - ID22**

ID: 23

Name: Giessen: Frankfurter Str. 72

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

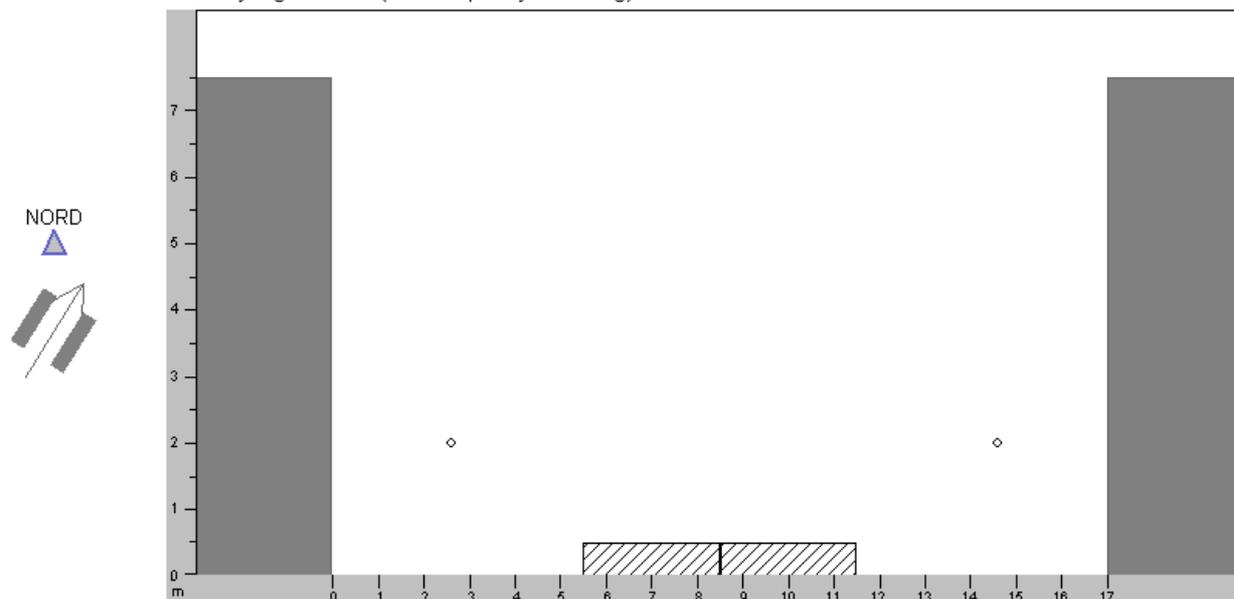


**Abbildung A-23: Straßenraum Querschnitt - ID23**

ID: 24

Name: Giessen: Frankfurter Str. 215

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

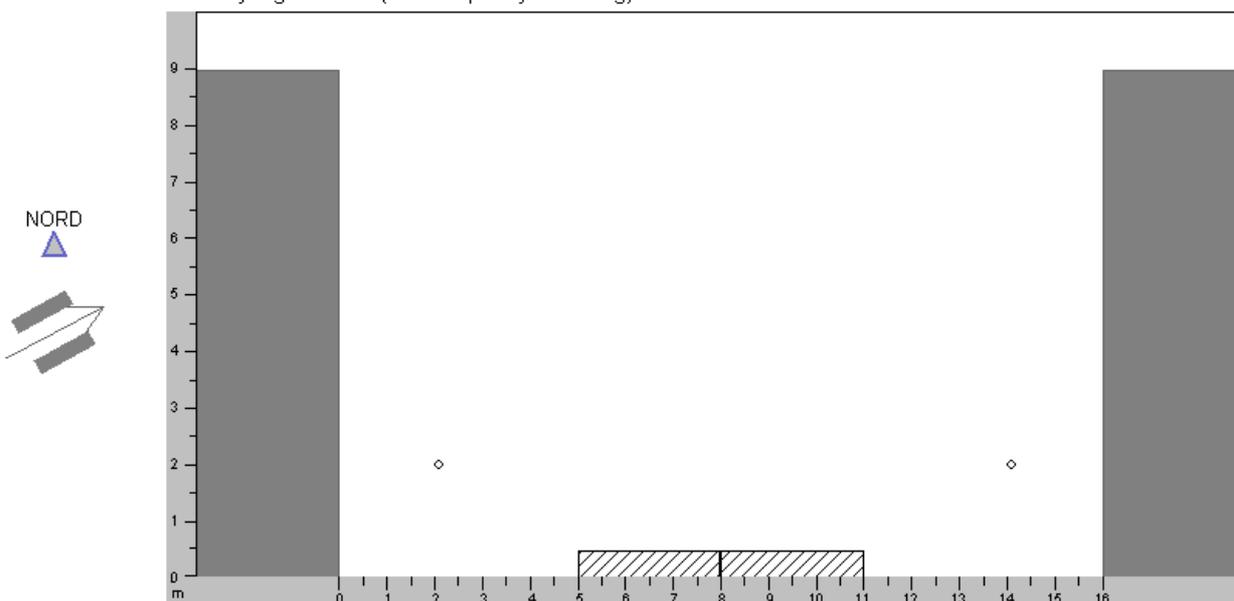


**Abbildung A-24: Straßenraum Querschnitt - ID24**

ID: 25

Name: Giessen: Giessener Str. 128

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



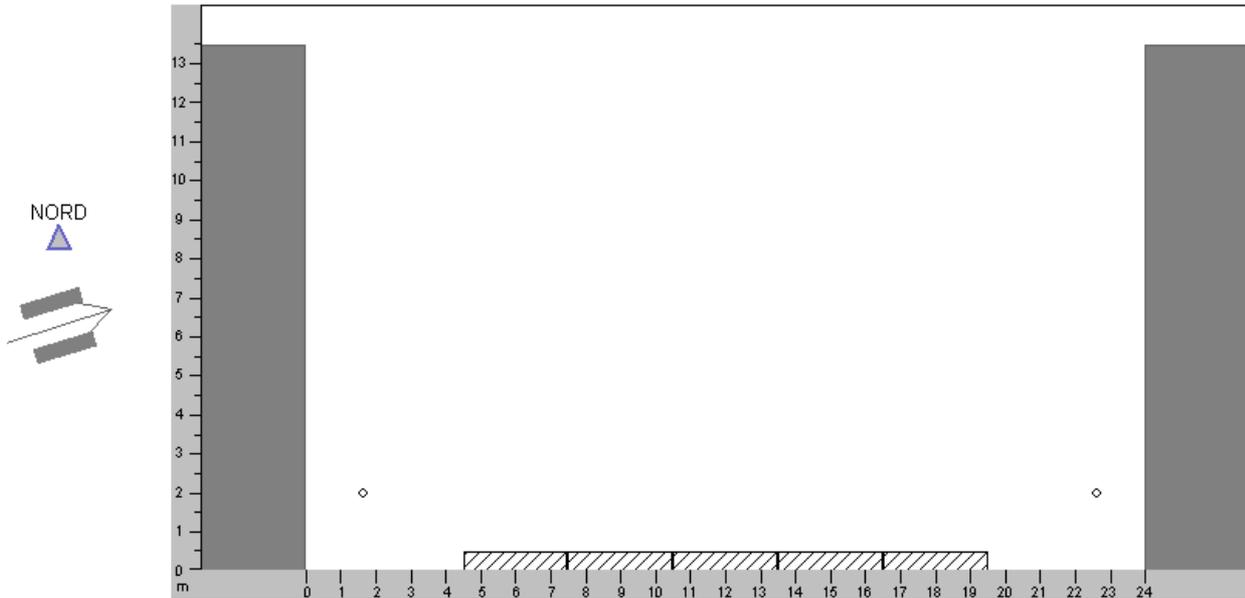
**Abbildung A-25: Straßenraum Querschnitt - ID25<sup>3</sup>**

<sup>3</sup> Für eine bessere Darstellung des Straßenraums Offenbach/Mainstr. Ost ist die Ausrichtung der Straße gegenüber der Angaben in Tabelle 5-3 um 180° gedreht worden.

ID: 26

Name: Giessen: Gruenberger Str. 10

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

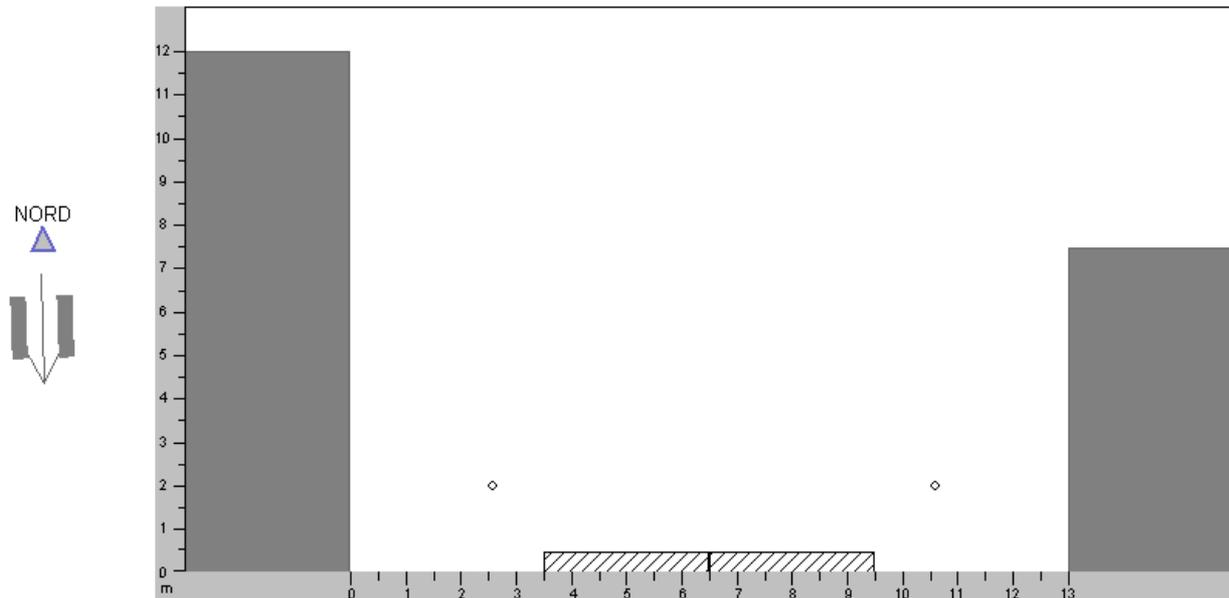


**Abbildung A-26: Straßenraum Querschnitt - ID26**

ID: 27

Name: Giessen: Krofdorfer Str. 18

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

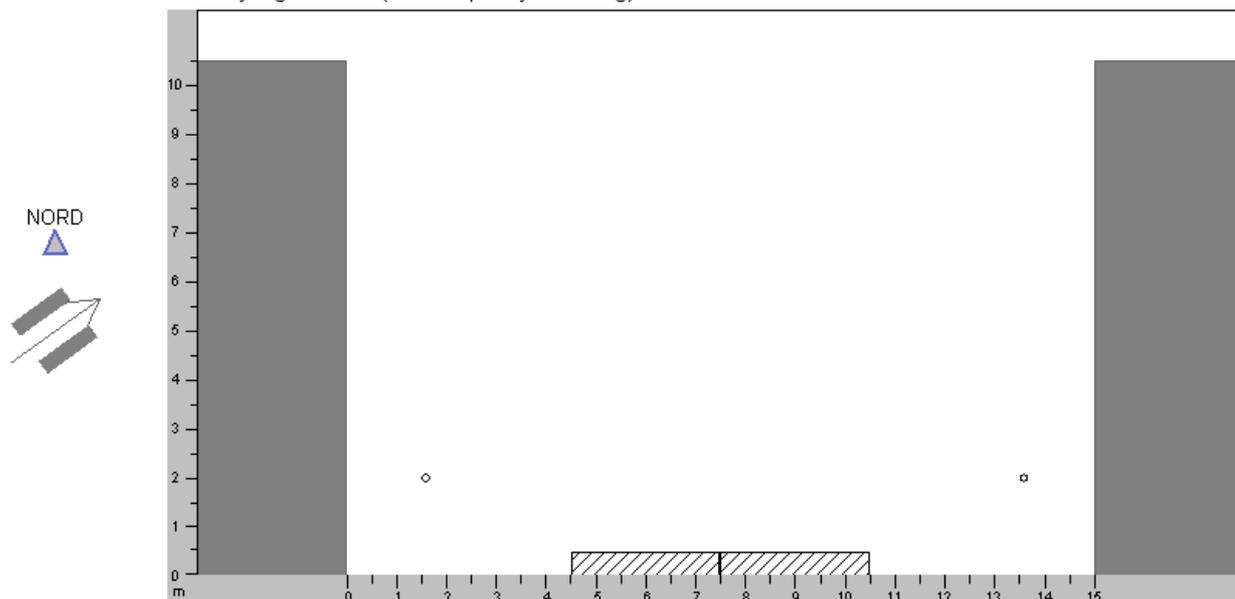


**Abbildung A-27: Straßenraum Querschnitt - ID27**

ID: 28

Name: Giessen: Ludwigstr. 42

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

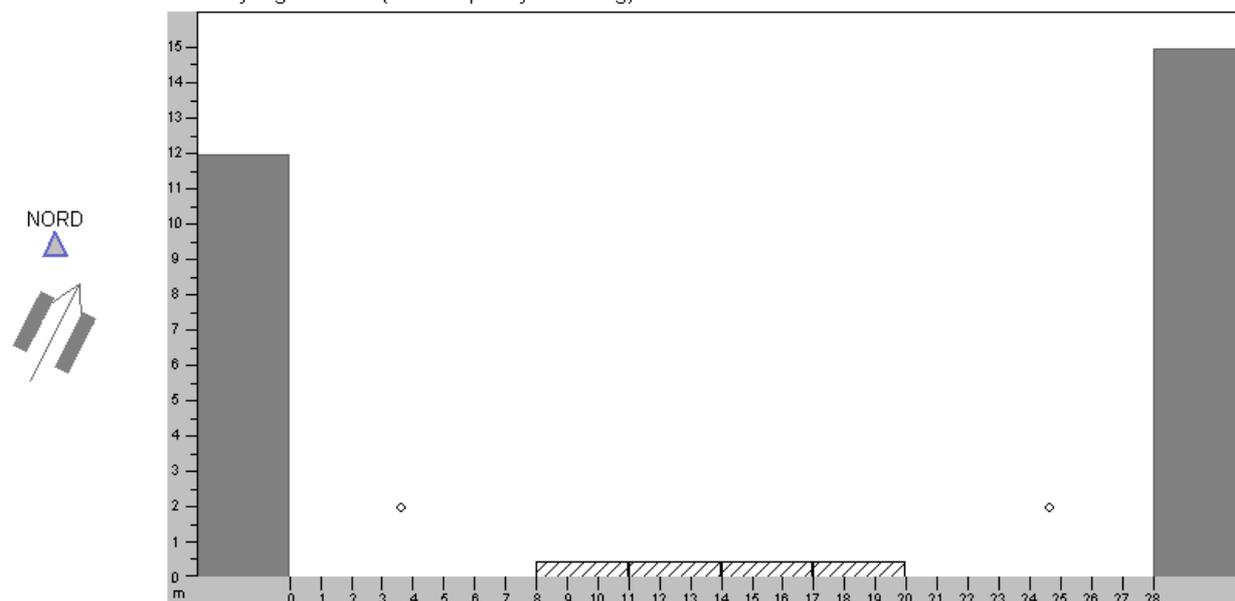


**Abbildung A-28: Straßenraum Querschnitt - ID28**

ID: 29

Name: Giessen: Marburger Str. 36

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

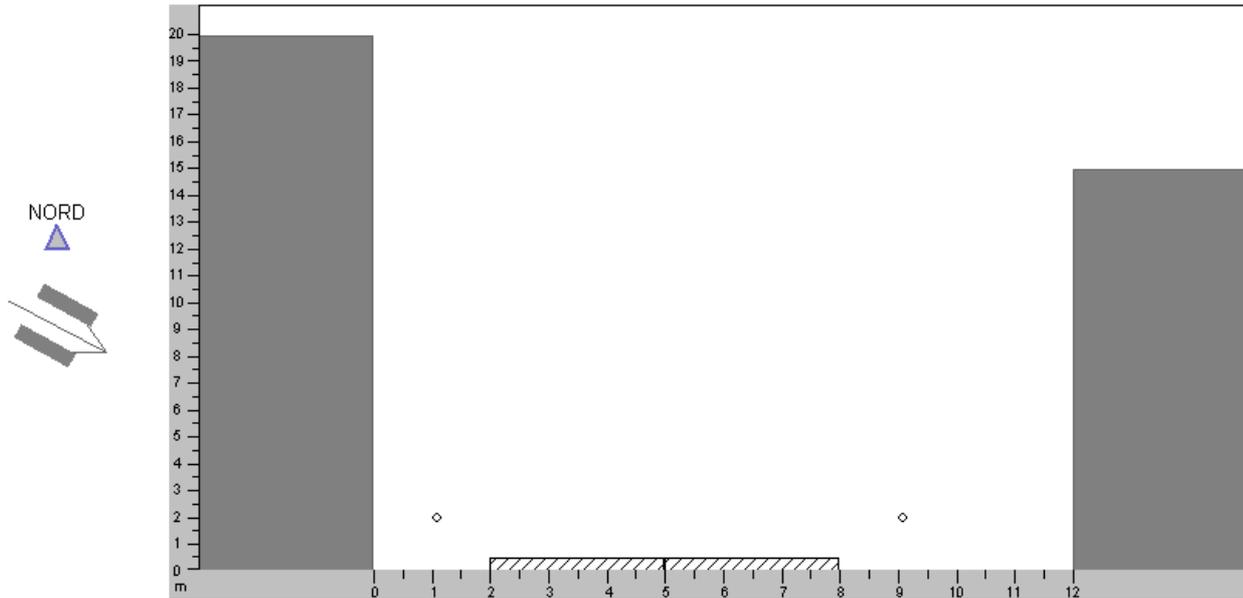


**Abbildung A-29: Straßenraum Querschnitt - ID29**

ID: 30

Name: Giessen: Neustadt 23

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

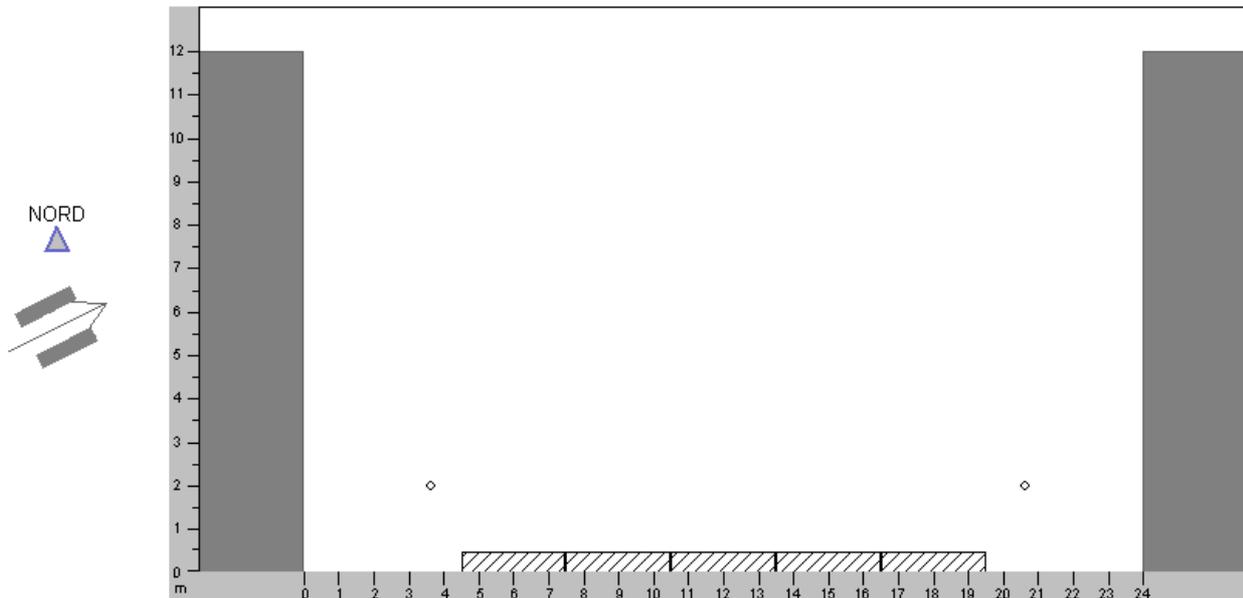


**Abbildung A-30: Straßenraum Querschnitt - ID30**

ID: 31

Name: Giessen: Nordanlage 15

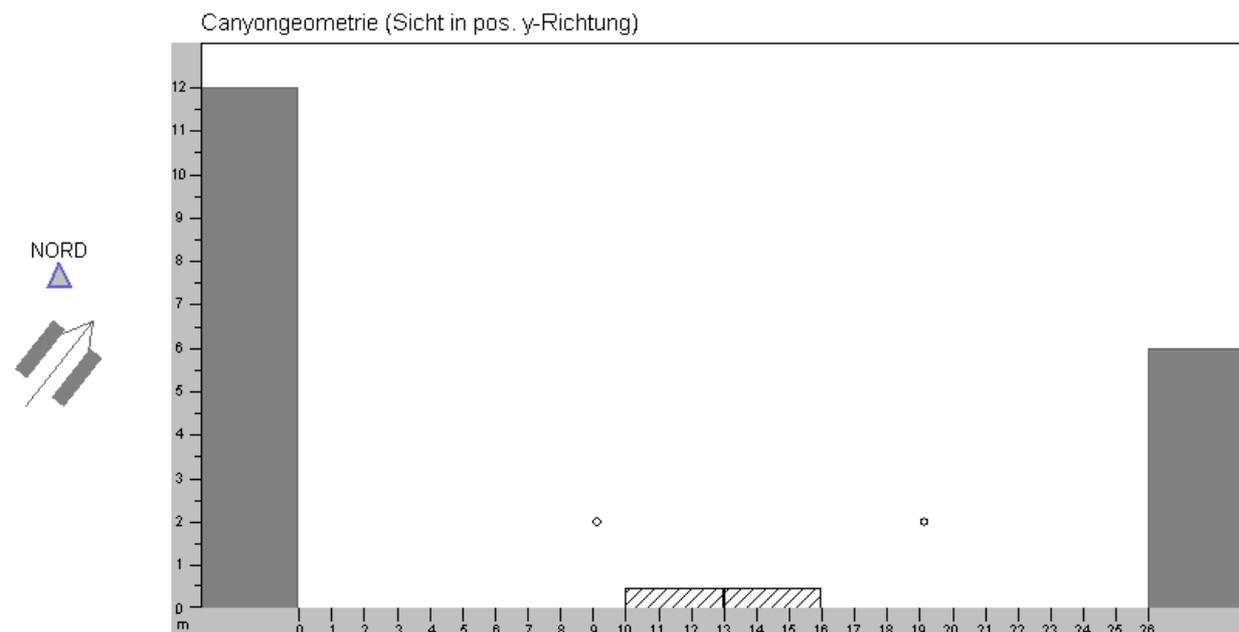
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-31: Straßenraum Querschnitt – ID31**

ID: 32

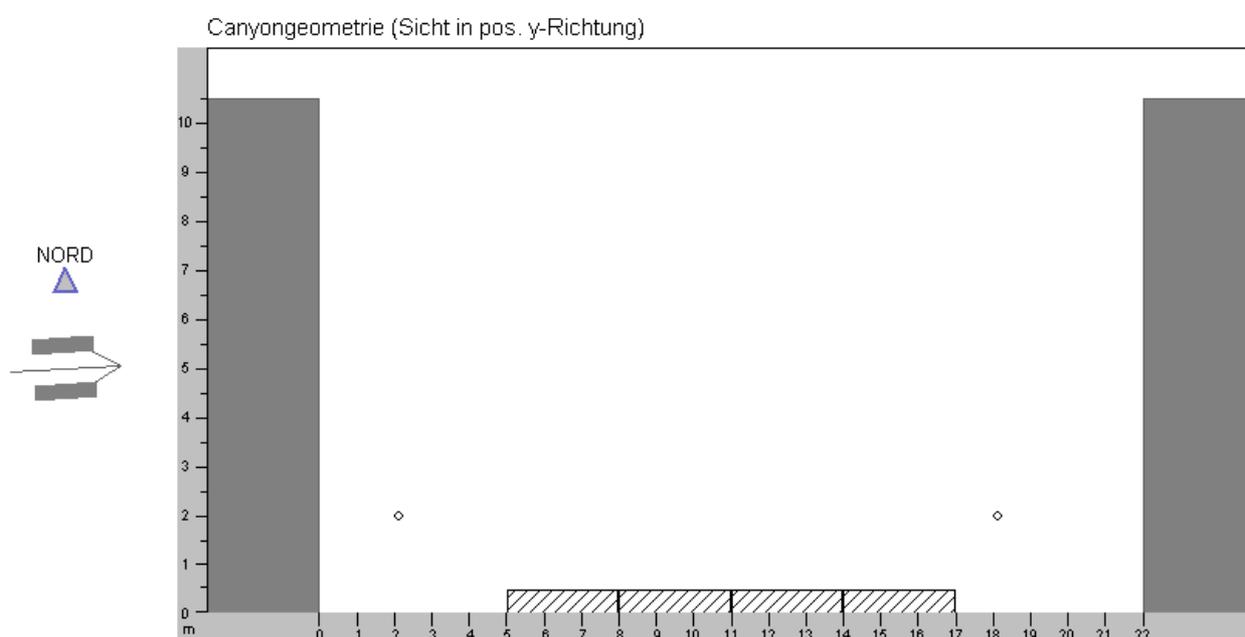
Name: Giessen: Robert-Sommer-Str. 32



**Abbildung A-32: Straßenraum Querschnitt – ID32**

ID: 33

Name: Giessen: Rodheimer Str. 36

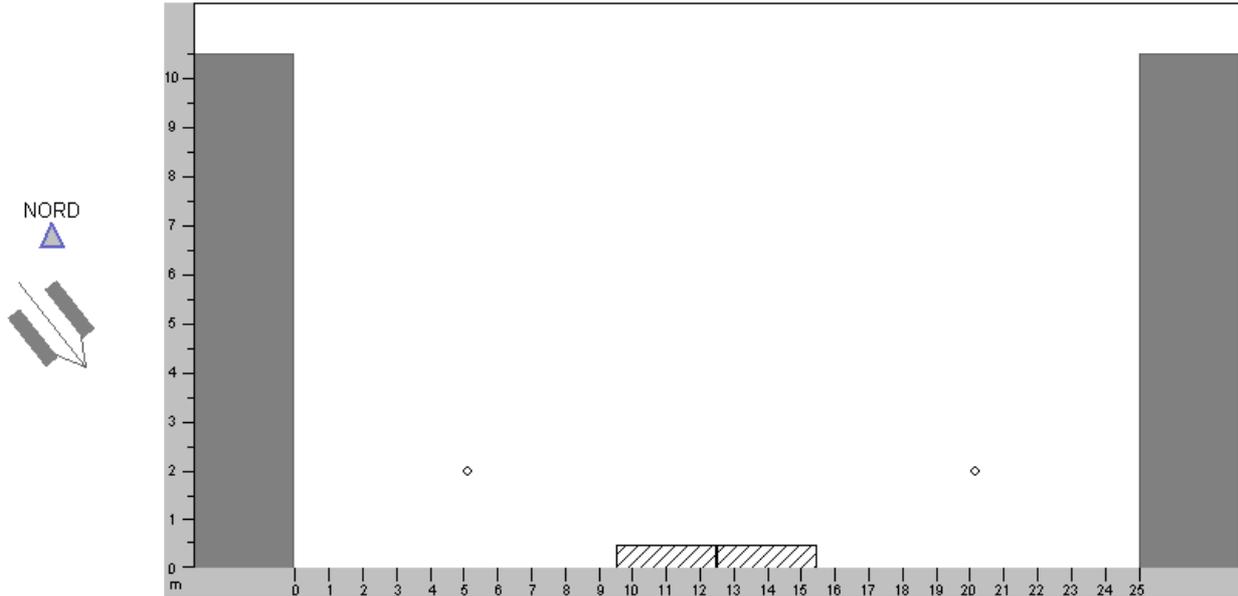


**Abbildung A-33: Straßenraum Querschnitt – ID33**

ID: 34

Name: Giessen: Schiffenberger Weg 35

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

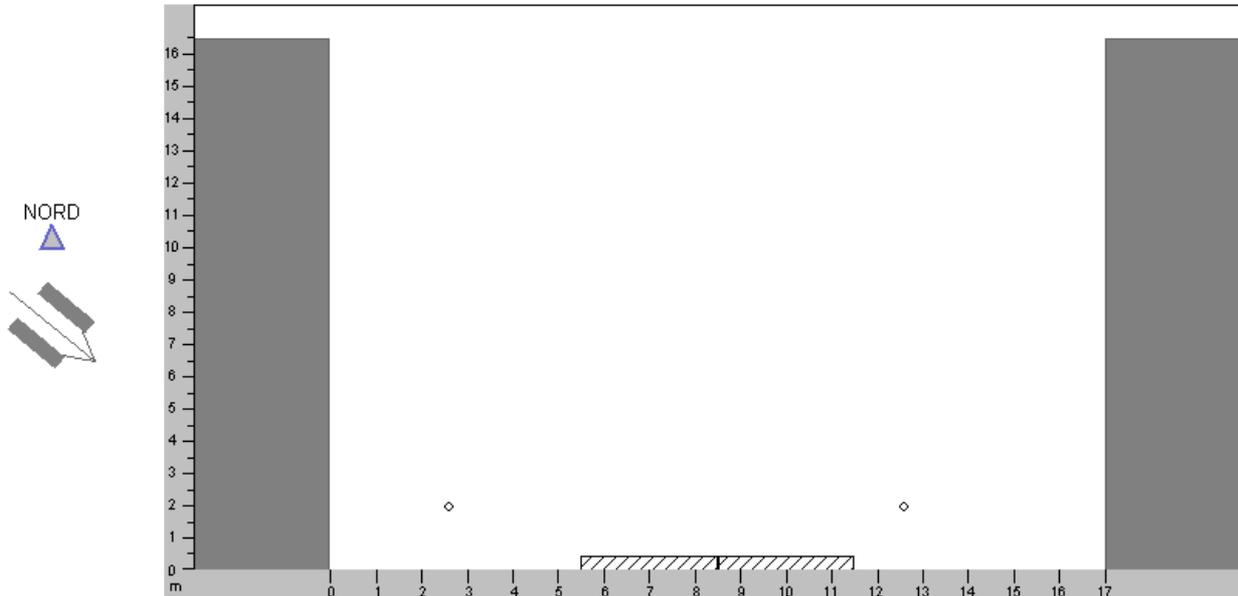


**Abbildung A-34: Straßenraum Querschnitt – ID34**

ID: 35

Name: Giessen: Schulst./Neuen Baeue 6

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

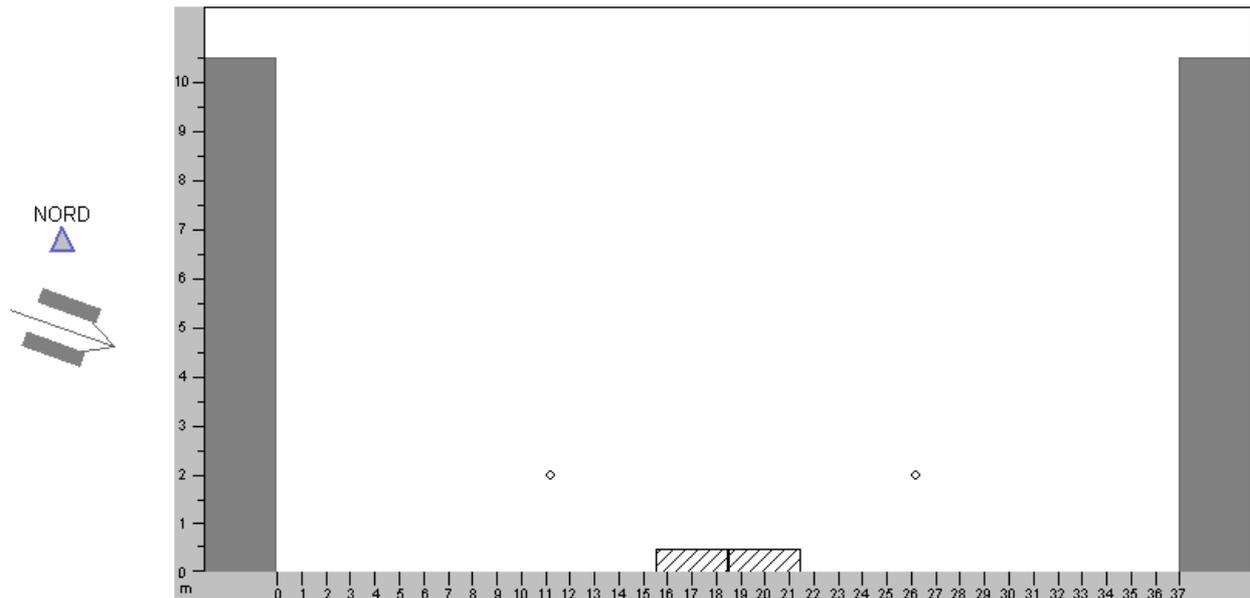


**Abbildung A-35: Straßenraum Querschnitt – ID35**

ID: 36

Name: Giessen: Sudetenlandstr. 13

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

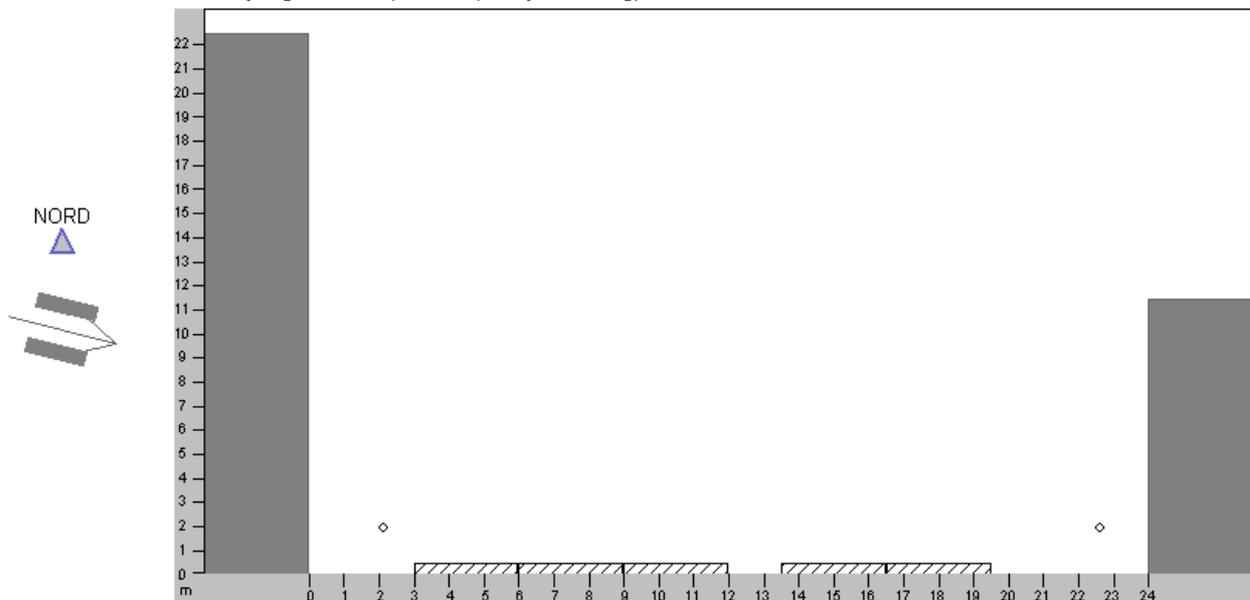


**Abbildung A-36: Straßenraum Querschnitt – ID36**

ID: 37

Name: Giessen: Suedanlage 30

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

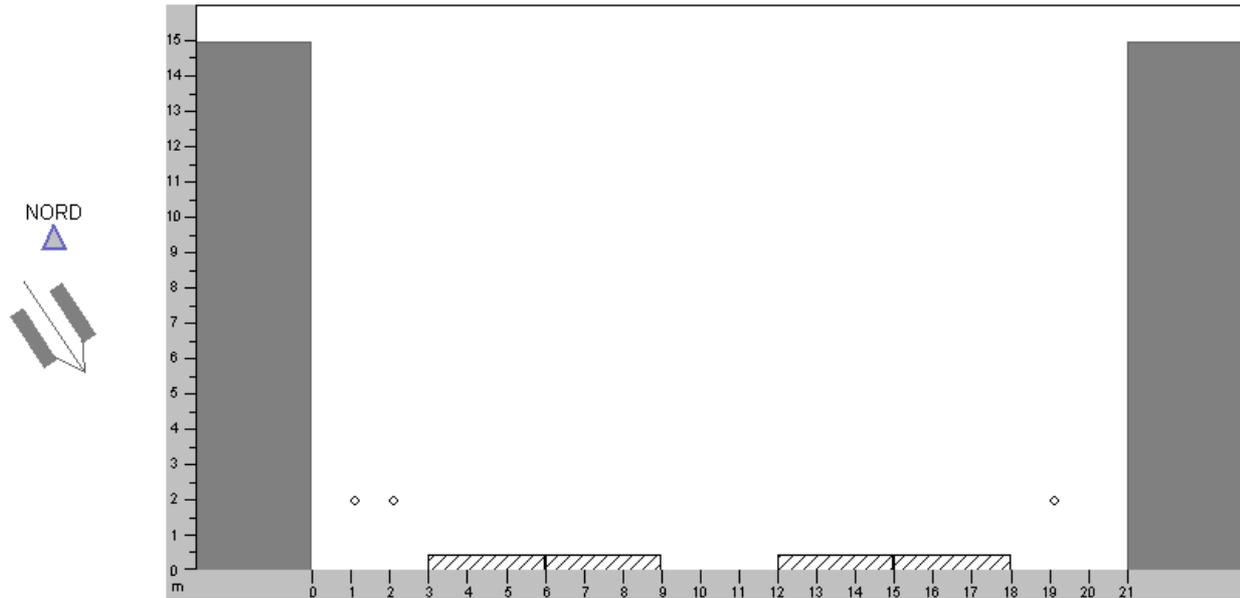


**Abbildung A-37: Straßenraum Querschnitt – ID37**

ID: 38

Name: Giessen: Westanlage 28

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

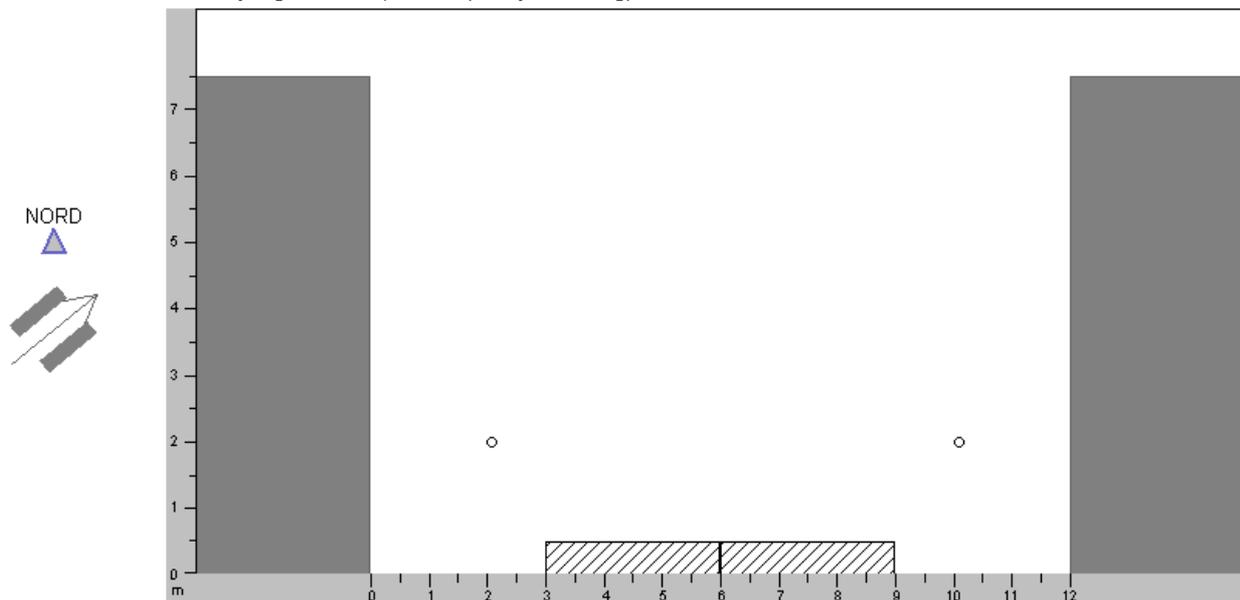


**Abbildung A-38: Straßenraum Querschnitt – ID38**

ID: 39

Name: Giessen: Wetzlarer Str. 57

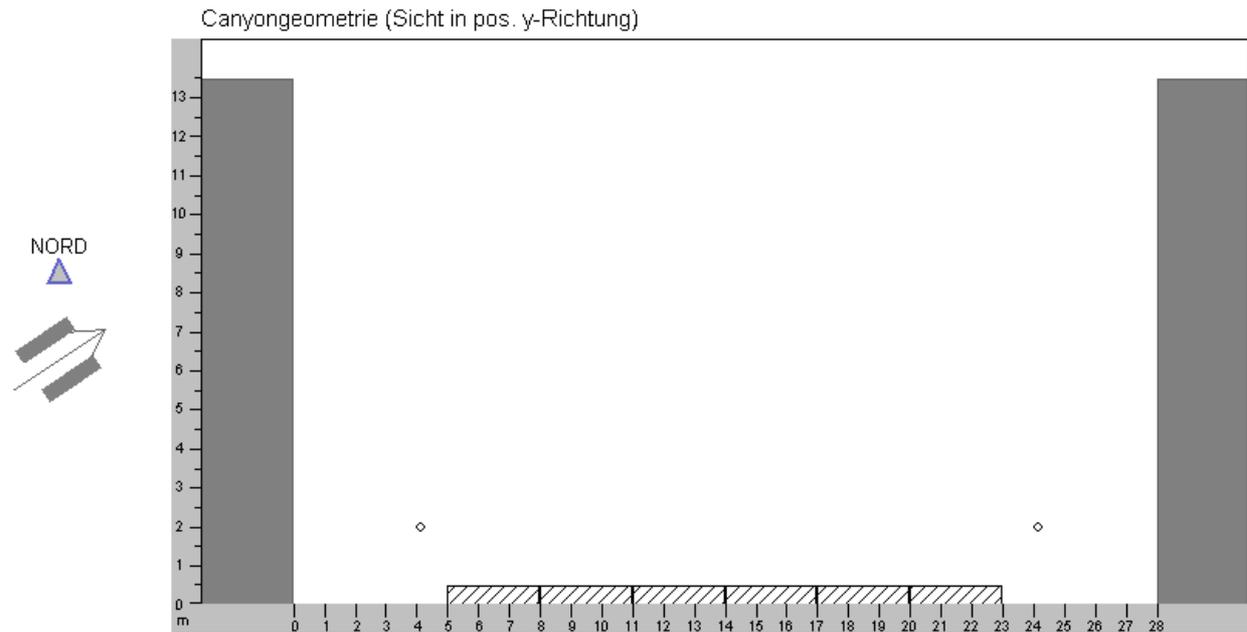
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-39: Straßenraum Querschnitt – ID39**

ID: 40

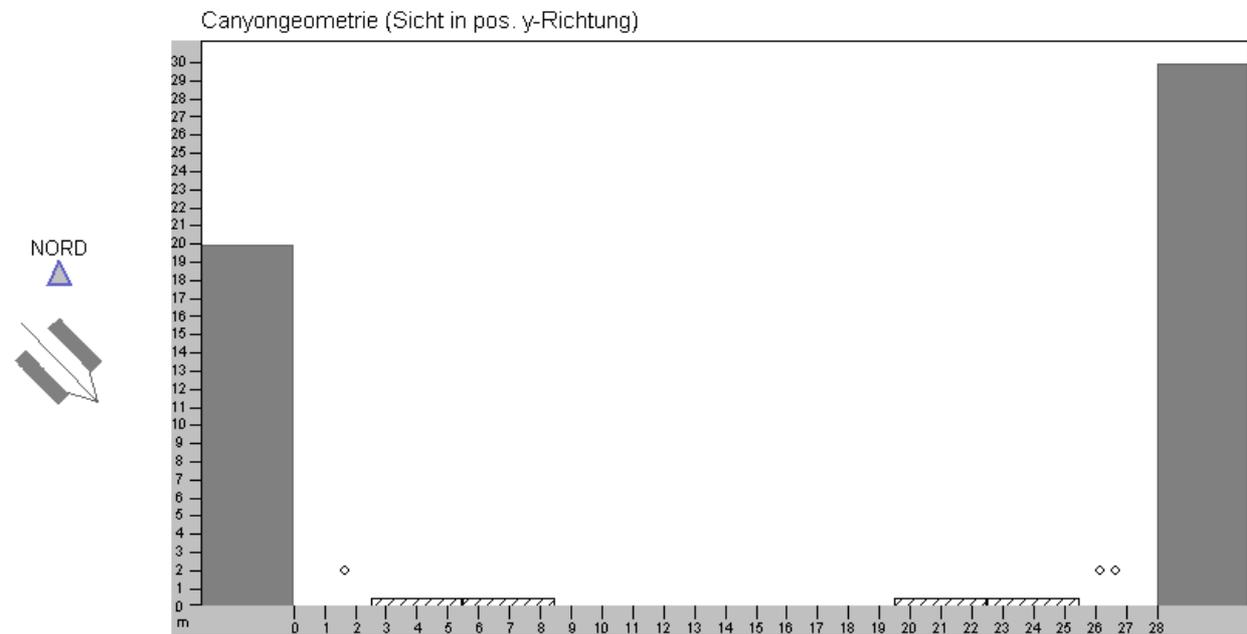
Name: Kassel: Bruederstr. 5



**Abbildung A-40: Straßenraum Querschnitt – ID40**

ID: 41

Name: Kassel: Fuenffensterstr. 14

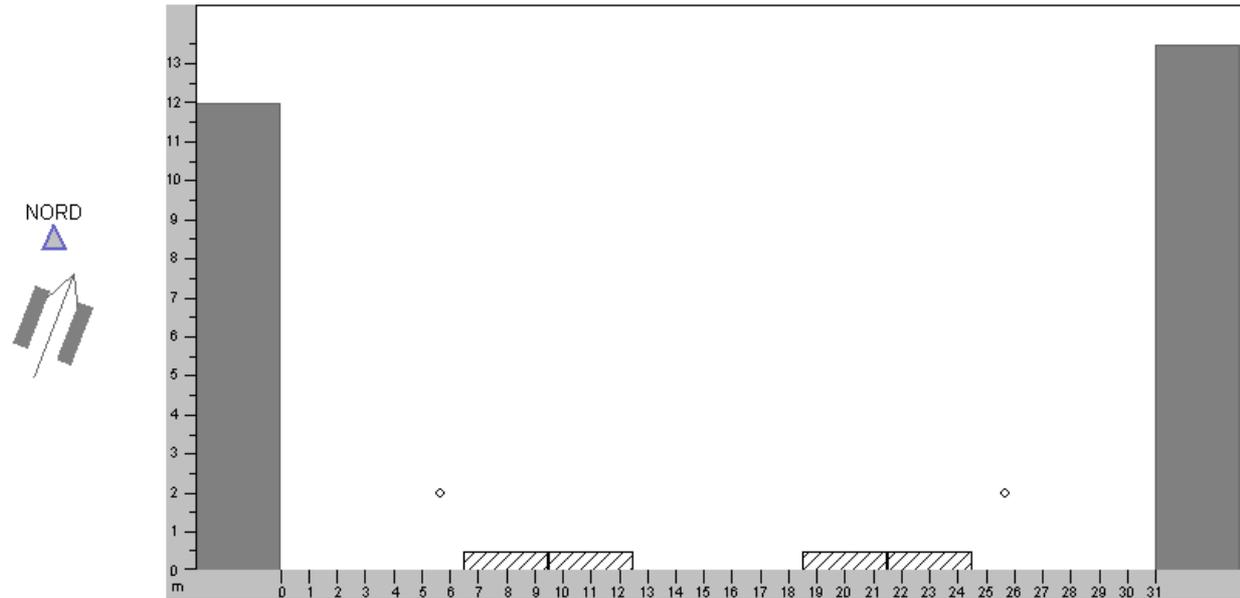


**Abbildung A-41: Straßenraum Querschnitt – ID41**

ID: 42

Name: Kassel: Frankfurter Str. 102

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

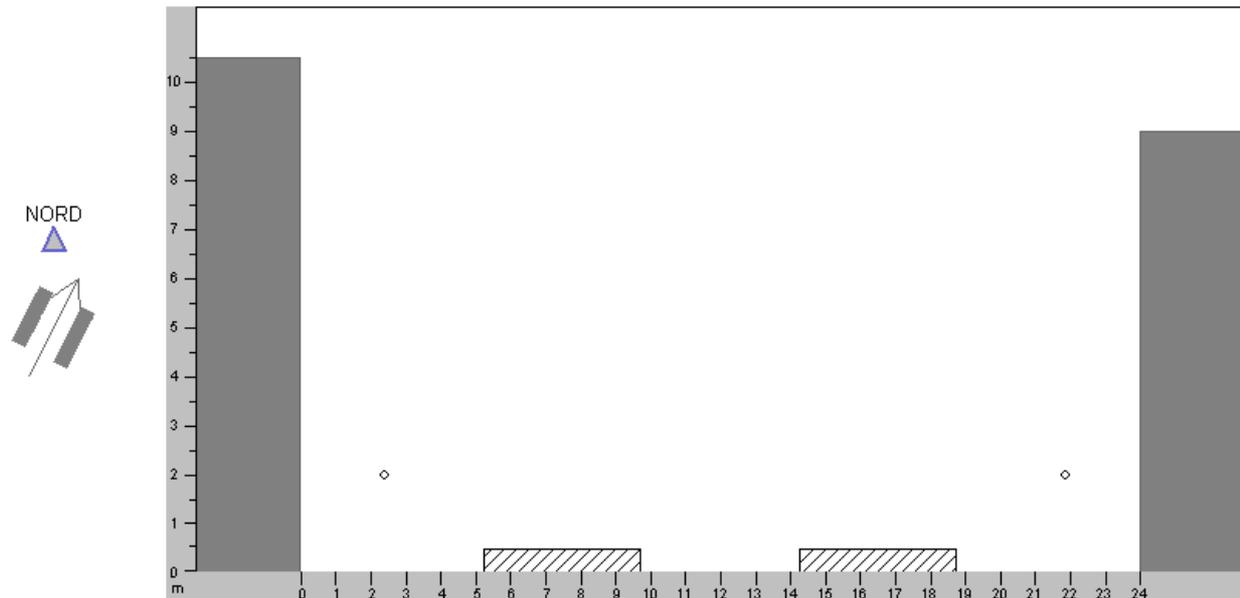


**Abbildung A-42: Straßenraum Querschnitt – ID42**

ID: 43

Name: Kassel: Frankfurter Str. 247

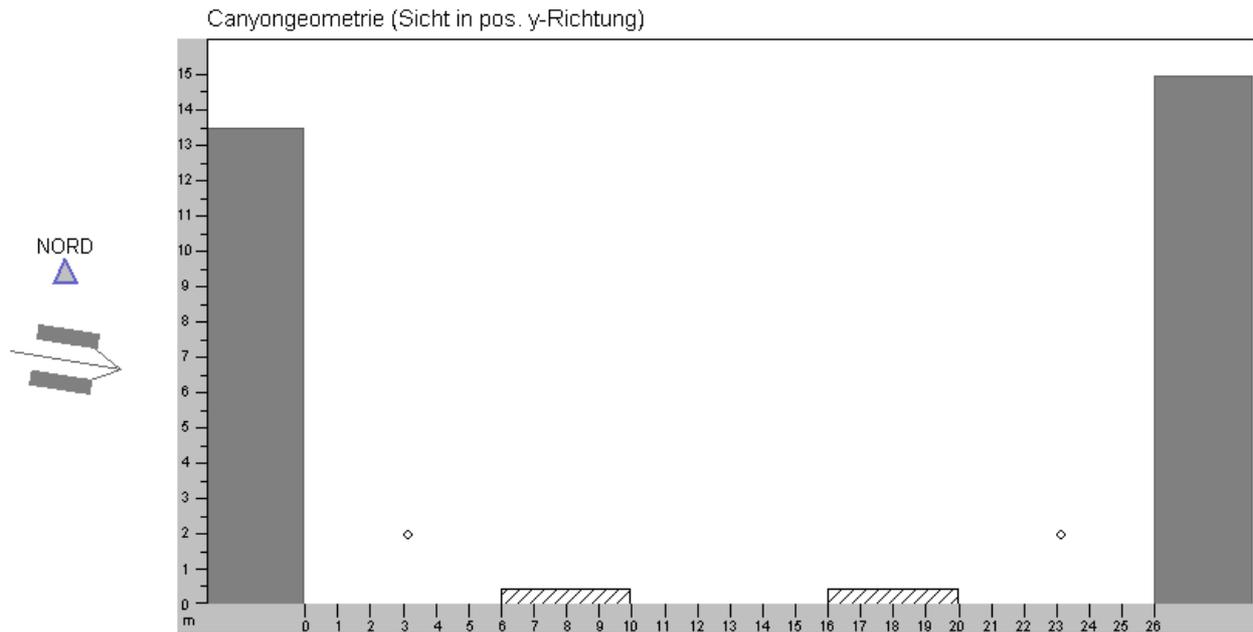
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-43: Straßenraum Querschnitt – ID43**

ID: 44

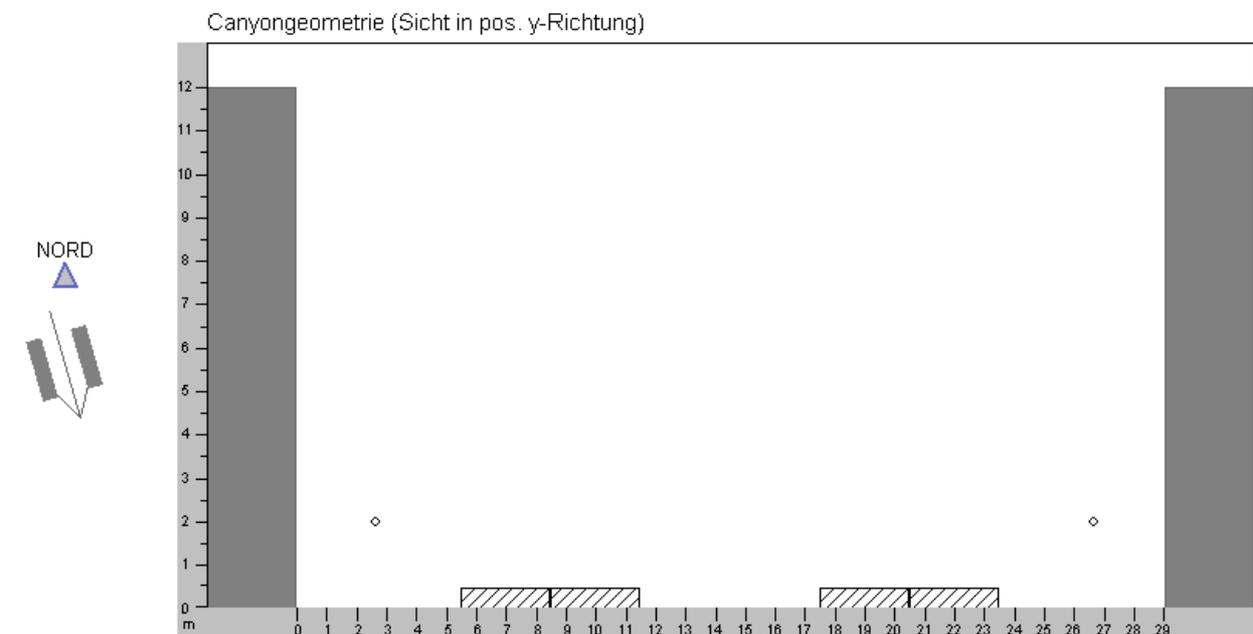
Name: Kassel: Friedrich-Ebert-Str. 32



**Abbildung A-44: Straßenraum Querschnitt – ID44**

ID: 45

Name: Kassel: Hollaendische Str. 28

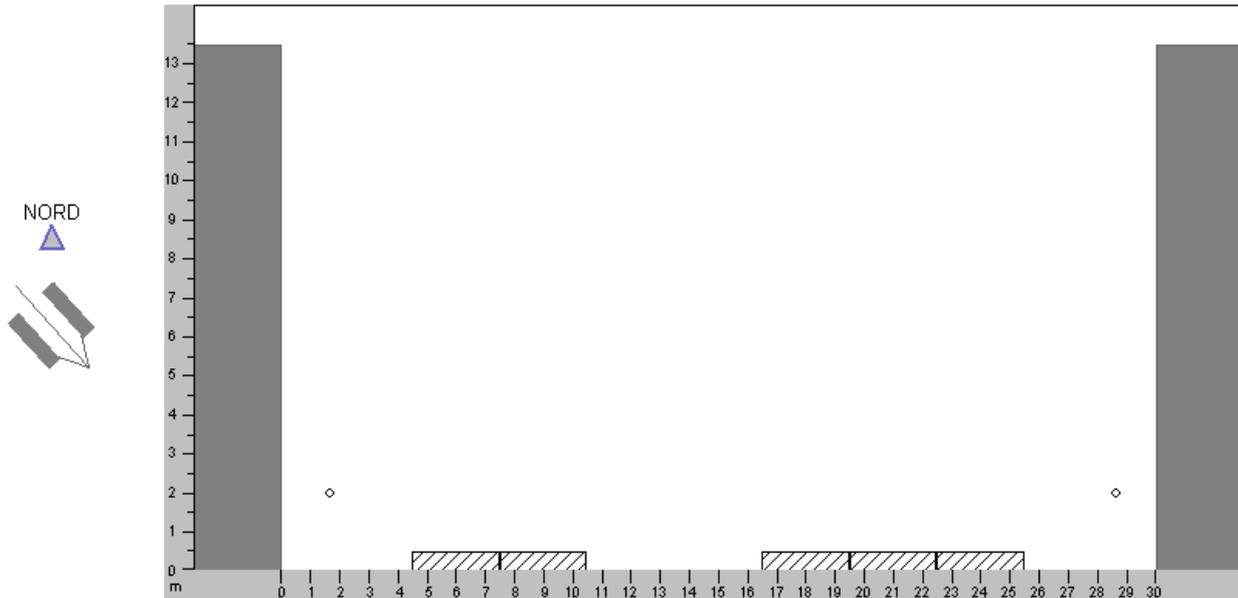


**Abbildung A-45: Straßenraum Querschnitt – ID45**

ID: 46

Name: Kassel: Hollaendische Str. 157

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

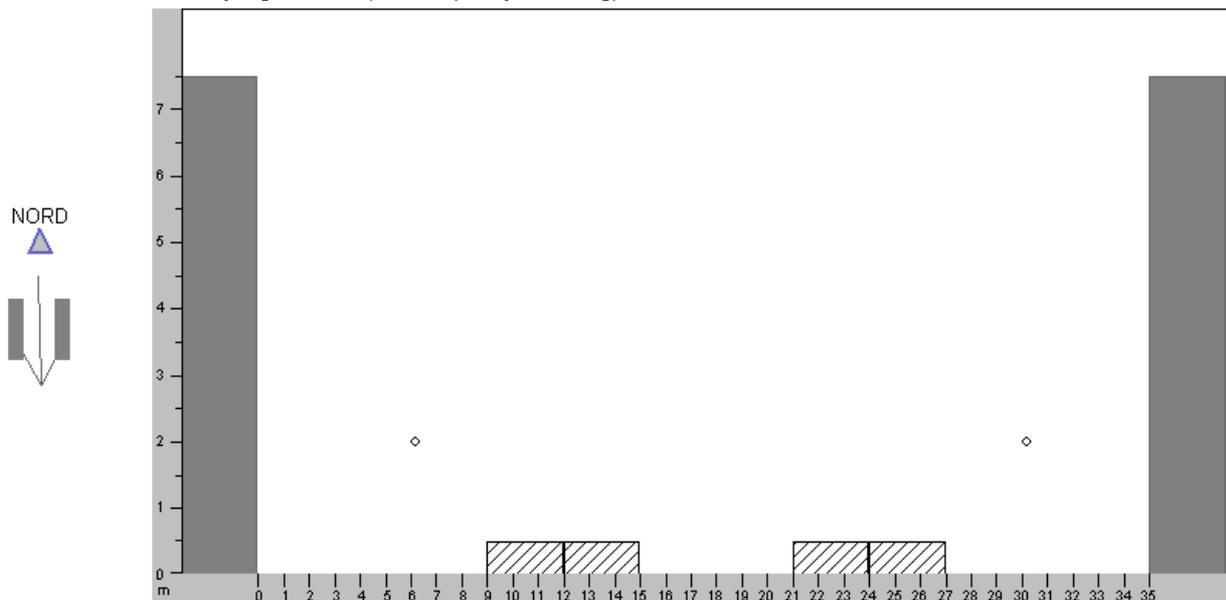


**Abbildung A-46: Straßenraum Querschnitt – ID46**

ID: 47

Name: Kassel: Ihringshaeuser Str. 43

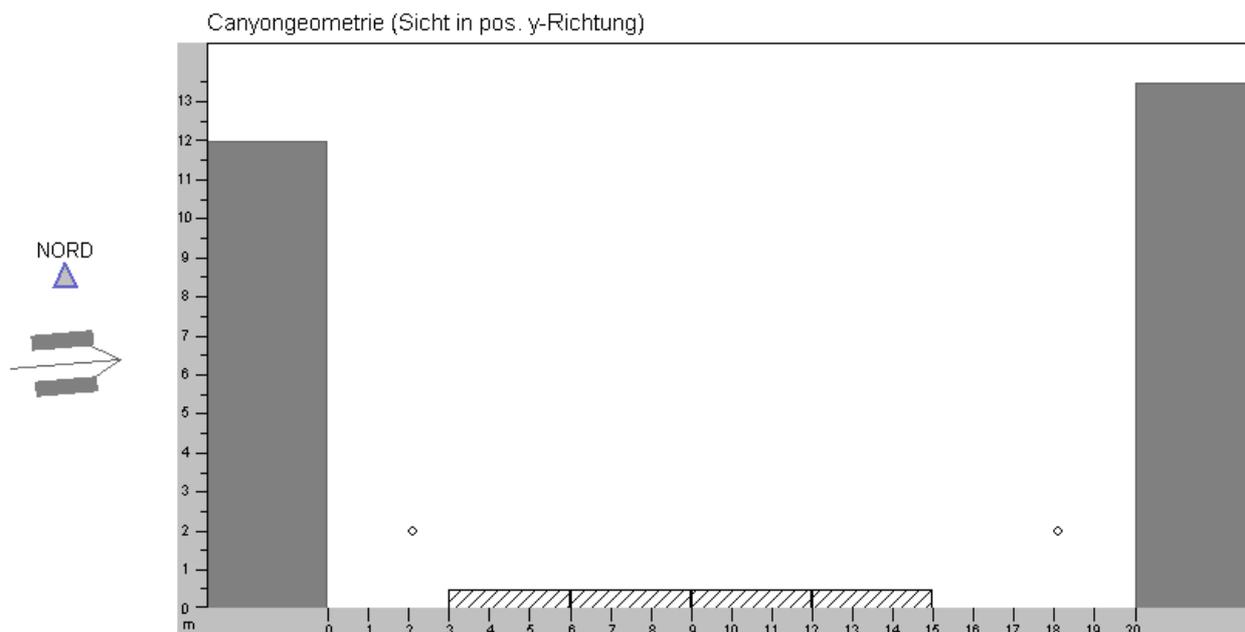
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-47: Straßenraum Querschnitt – ID47**

ID: 48

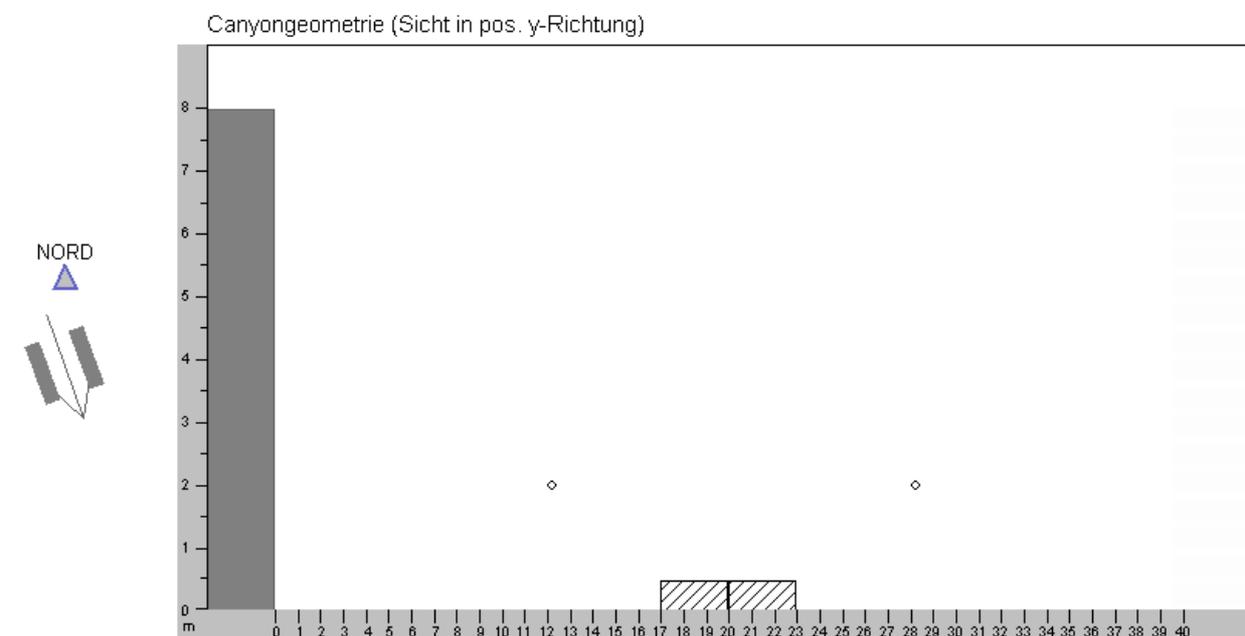
Name: Kassel: Kohlenstr. 40



**Abbildung A-48: Straßenraum Querschnitt – ID48**

ID: 49

Name: Kassel: Konrad-Adenauer-Str. 73

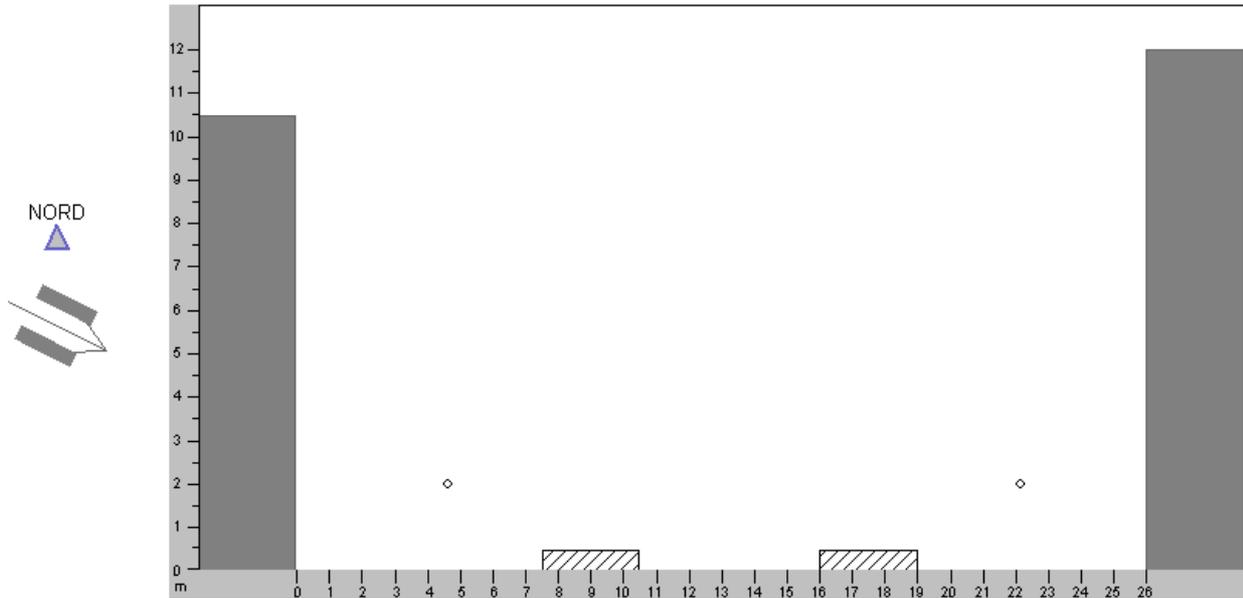


**Abbildung A-49: Straßenraum Querschnitt – ID49**

ID: 50

Name: Kassel: Leipziger Str. 159

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

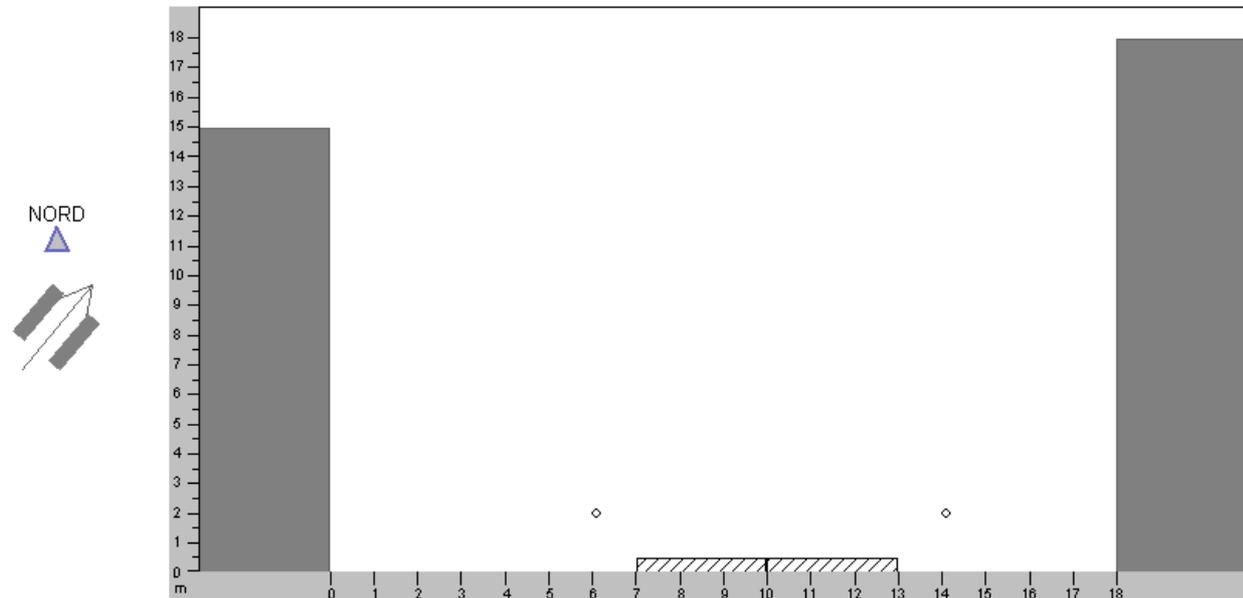


**Abbildung A-50: Straßenraum Querschnitt – ID50**

ID: 51

Name: Kassel: Mauerstr. 11

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

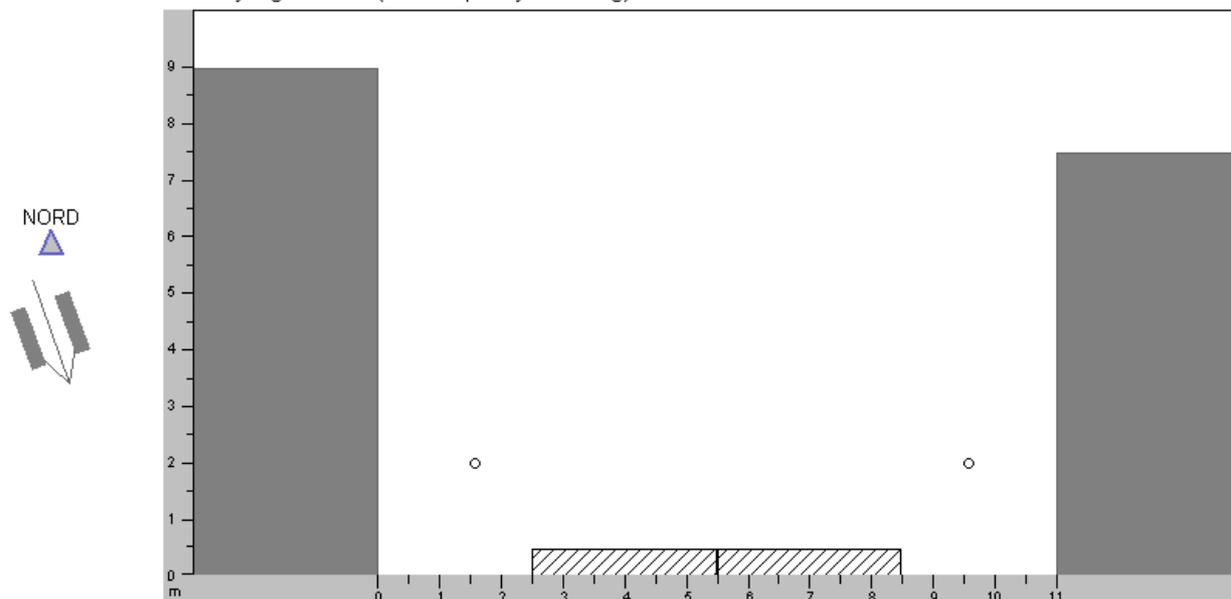


**Abbildung A-51: Straßenraum Querschnitt – ID51**

ID: 52

Name: Kassel: Obervellmarer Str. 4

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

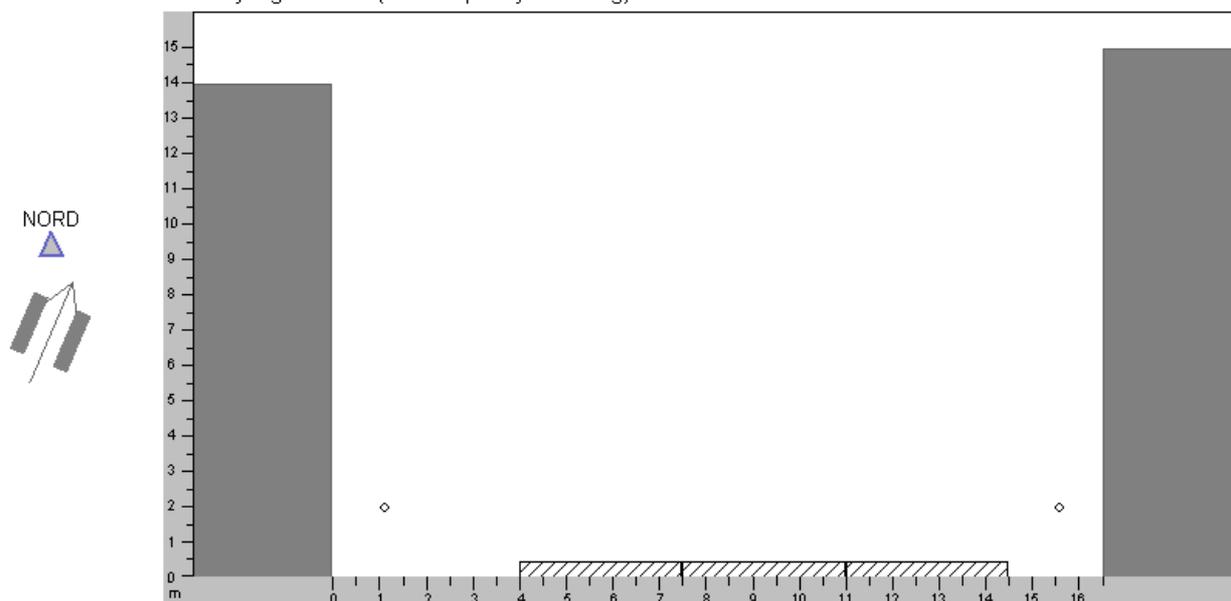


**Abbildung A-52: Straßenraum Querschnitt – ID52**

ID: 53

Name: Kassel: Schoenfelder Str. 6

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

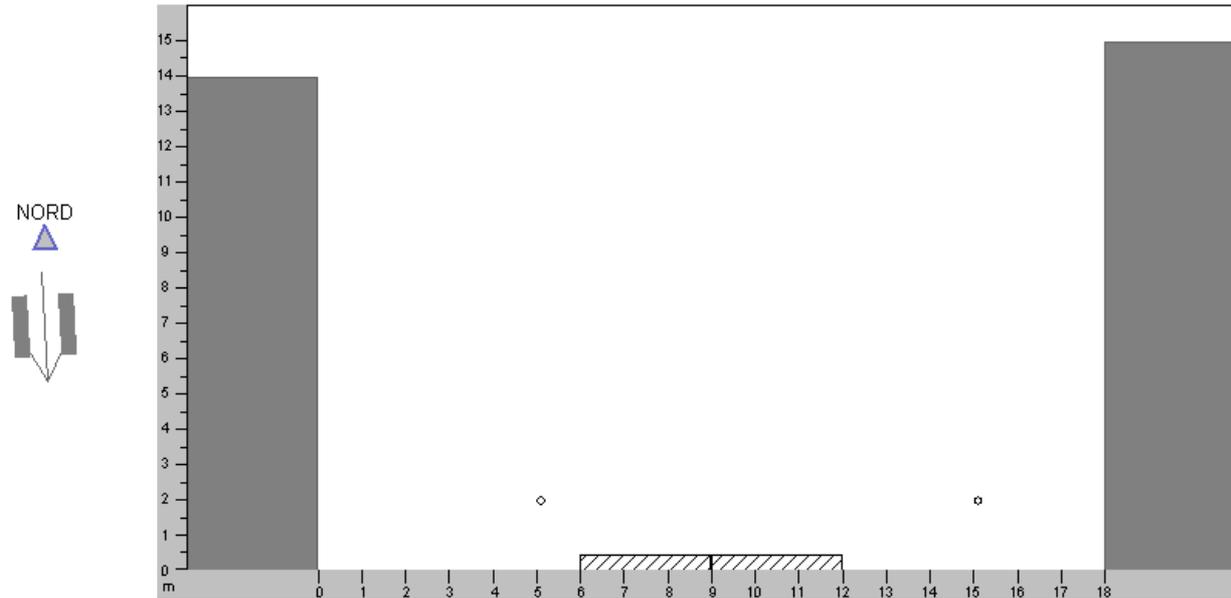


**Abbildung A-53: Straßenraum Querschnitt – ID53**

ID: 54

Name: Kassel: Schoenfelder Str. 50

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

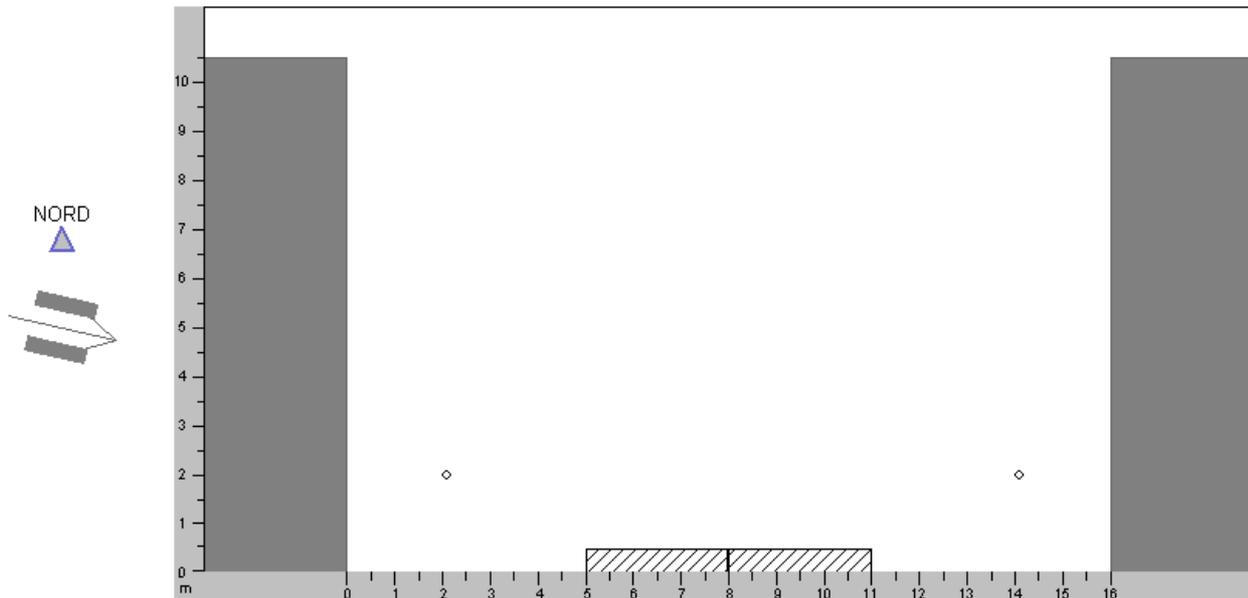


**Abbildung A-54: Straßenraum Querschnitt – ID54**

ID: 55

Name: Kassel: Tischbeinstr. 18

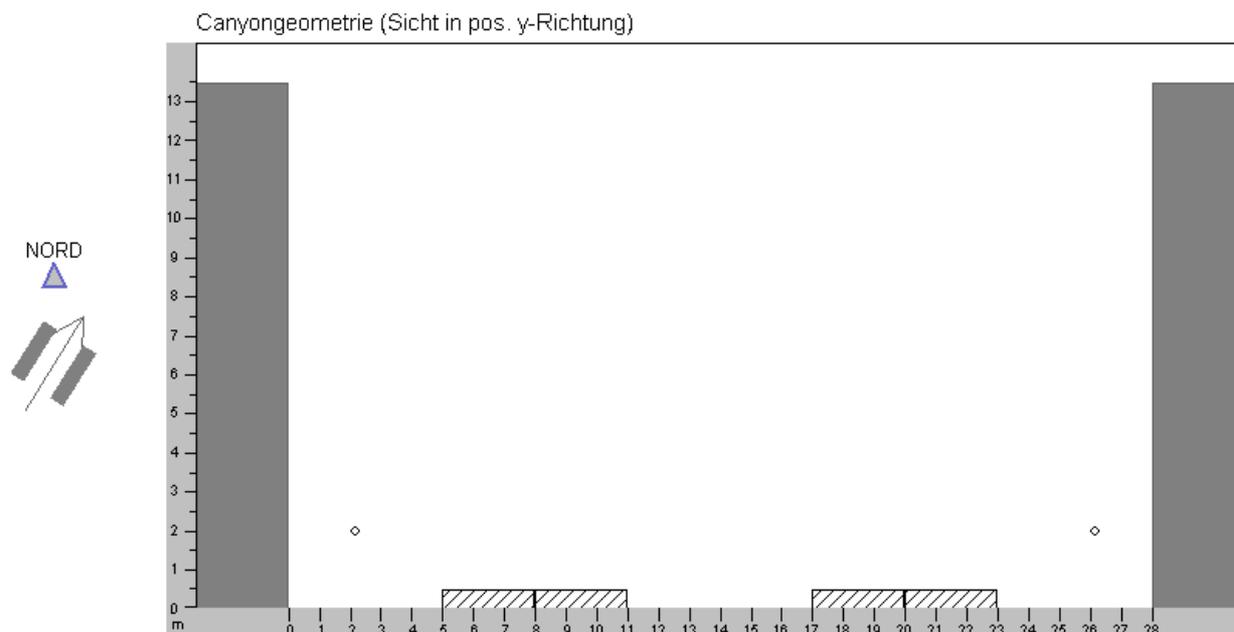
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-55: Straßenraum Querschnitt – ID55**

ID: 56

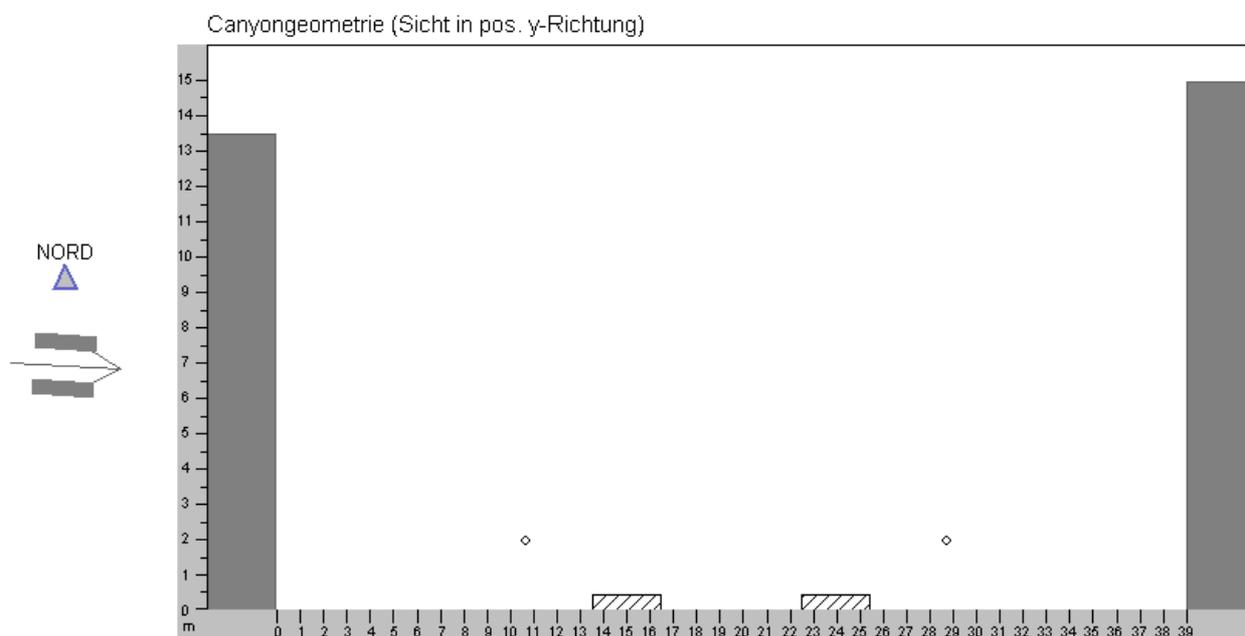
Name: Kassel: Weserstr. 17



**Abbildung A-56: Straßenraum Querschnitt – ID56**

ID: 57

Name: Kassel: Wilhelmshoeher Allee 286

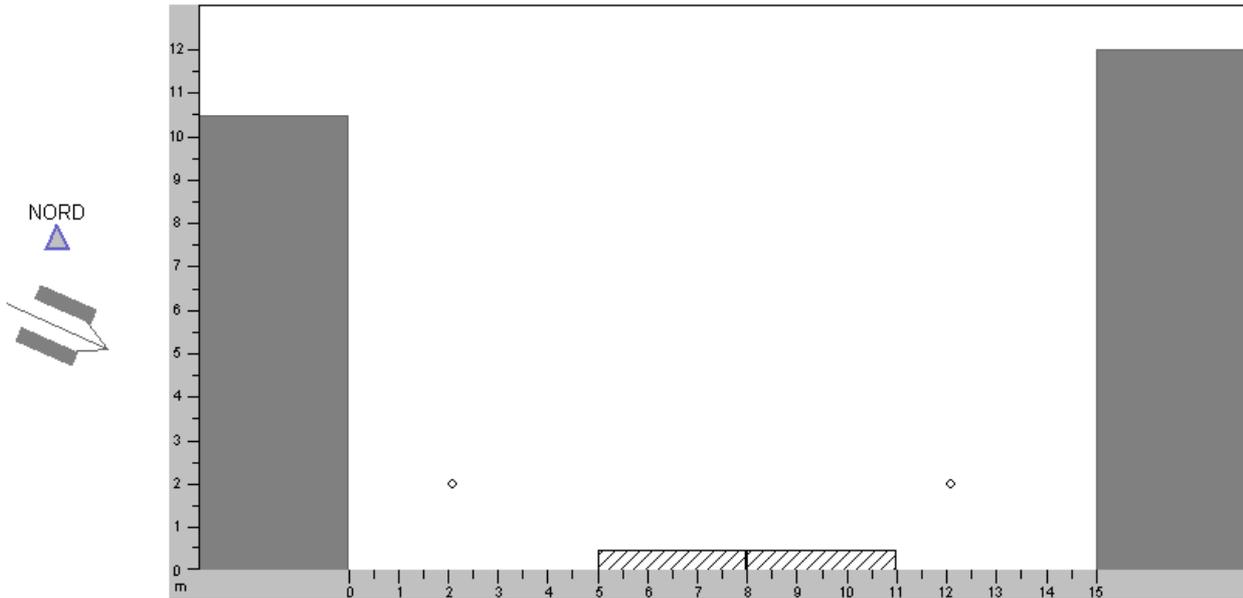


**Abbildung A-57: Straßenraum Querschnitt – ID57**

ID: 58

Name: Kassel: Wolfhager Str. 124

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

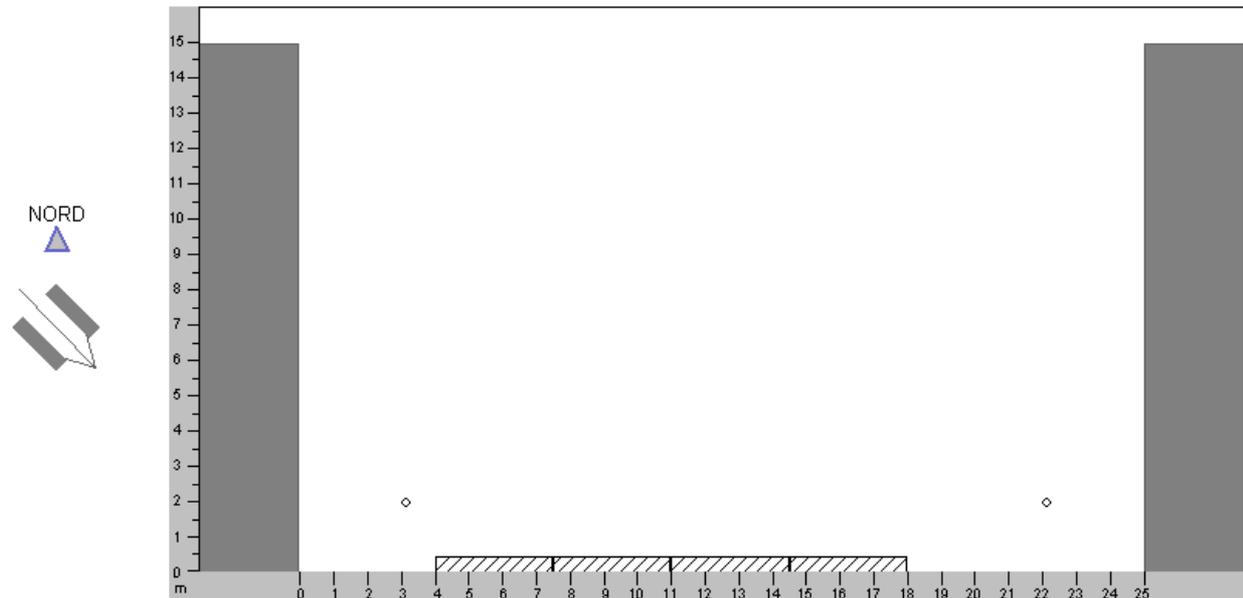


**Abbildung A-58: Straßenraum Querschnitt – ID58**

ID: 59

Name: Kassel: Ysenburgstr. 29

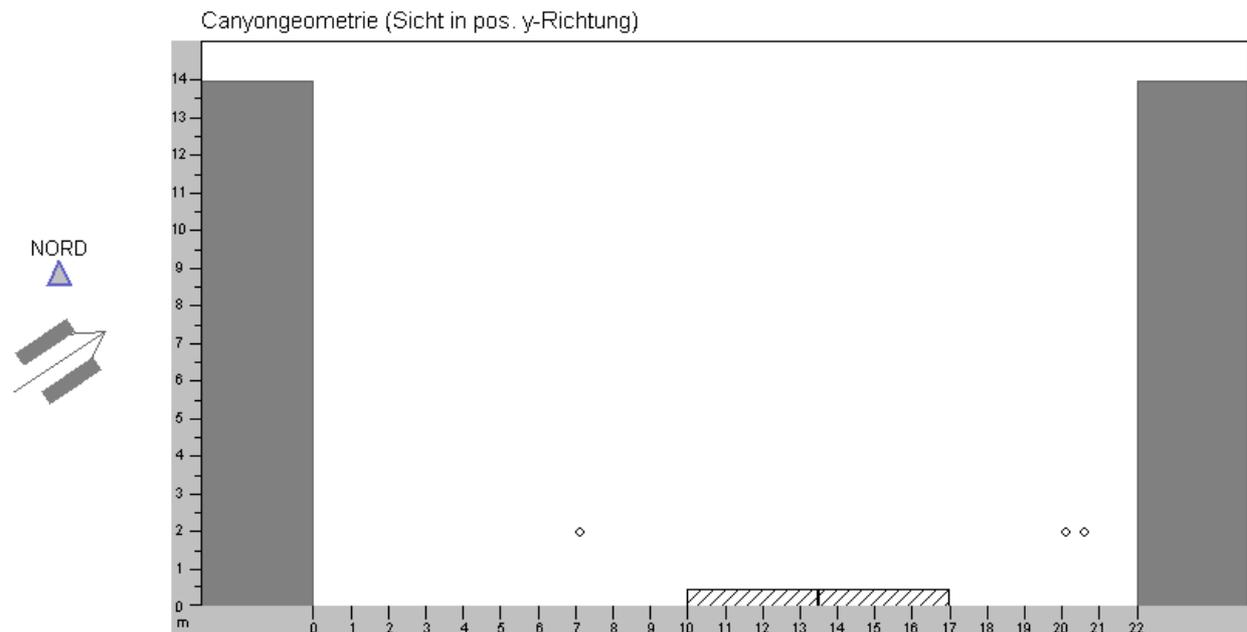
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-59: Straßenraum Querschnitt – ID59**

ID: 60

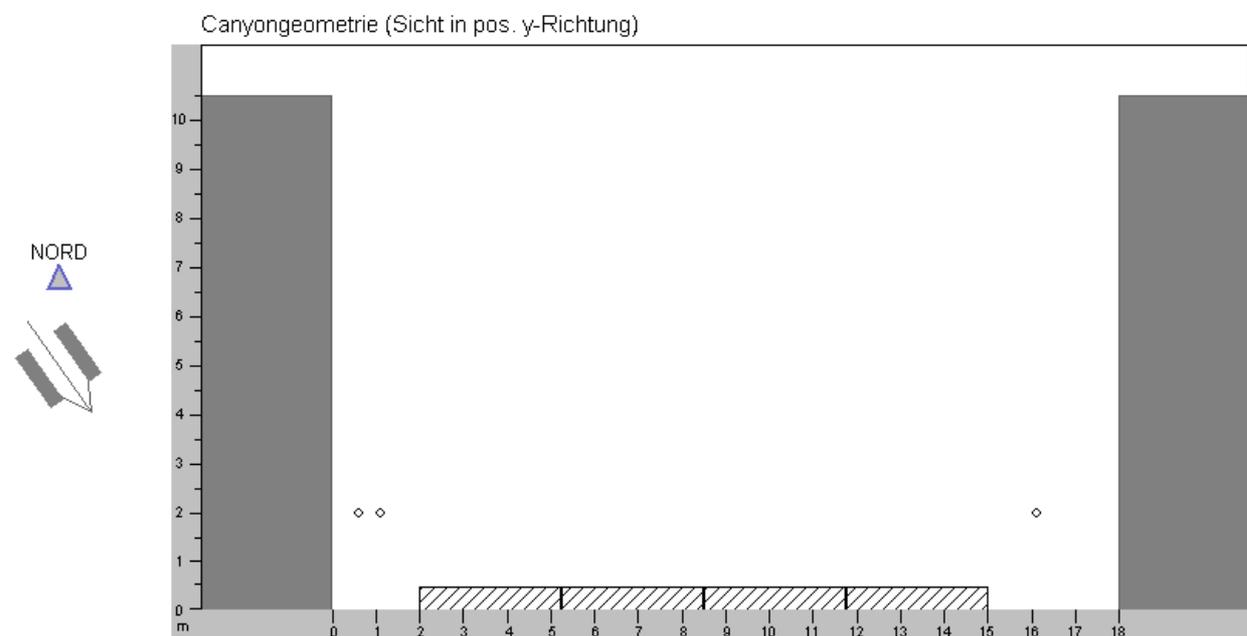
Name: Limburg: Diezer Str. 49-51



**Abbildung A-60: Straßenraum Querschnitt – ID60**

ID: 61

Name: Limburg: Frankfurter Str. 52

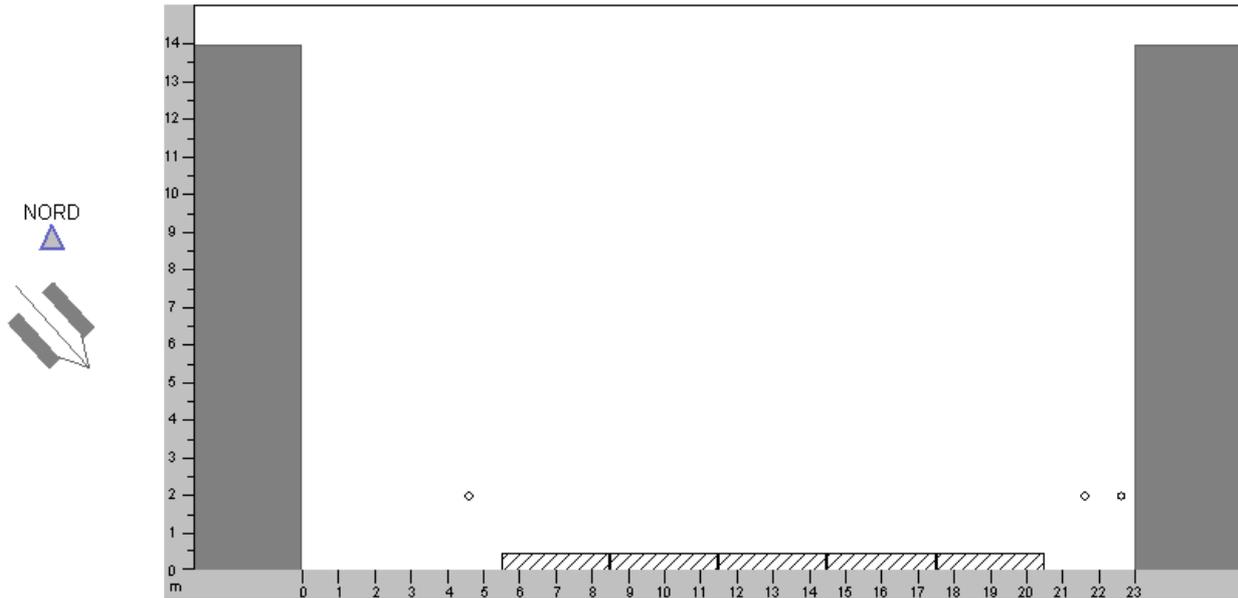


**Abbildung A-61: Straßenraum Querschnitt – ID61**

ID: 62

Name: Limburg: Schiede 28-30

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

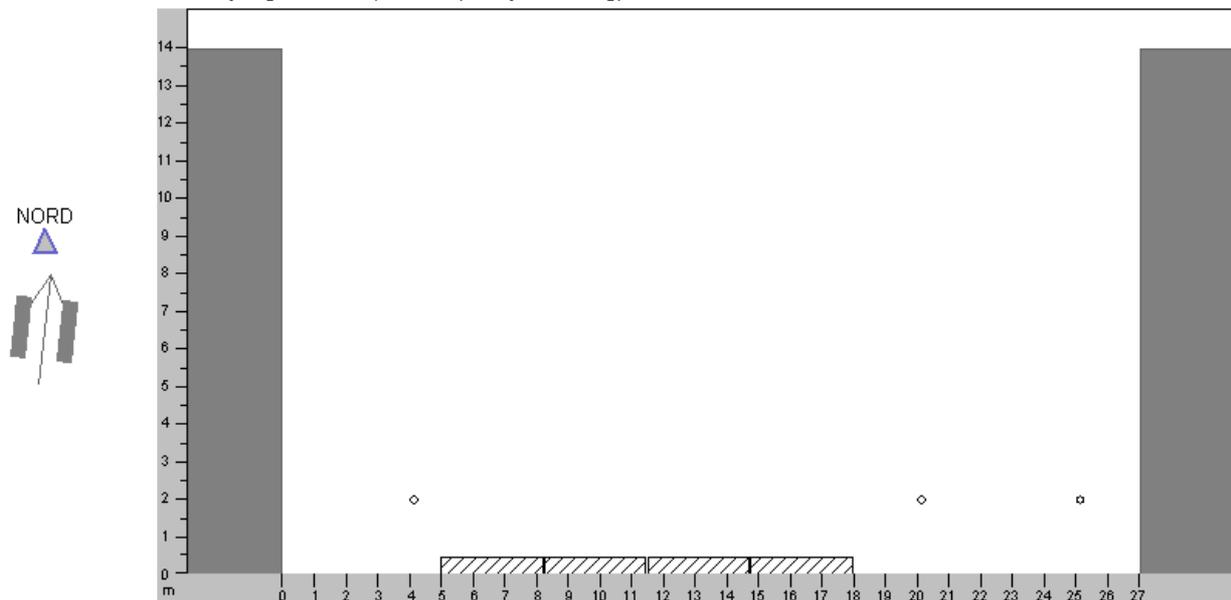


**Abbildung A-62: Straßenraum Querschnitt – ID62**

ID: 63

Name: Limburg: Schiede 37-41

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

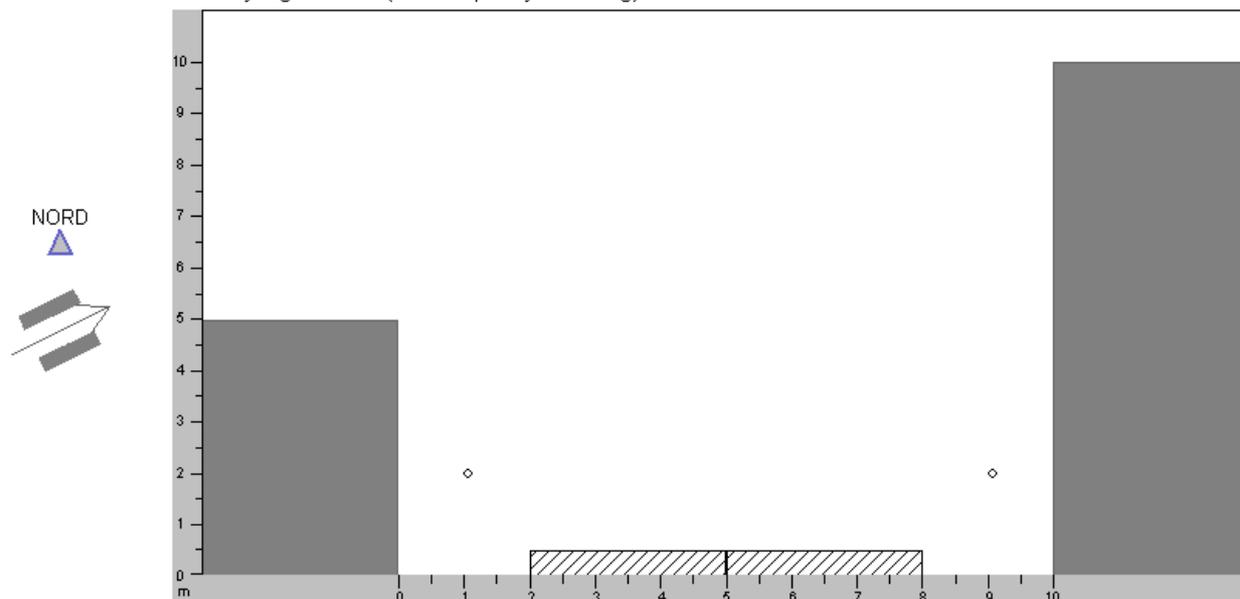


**Abbildung A-63: Straßenraum Querschnitt – ID63**

ID: 64

Name: Limburg: Stephanshuegel

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

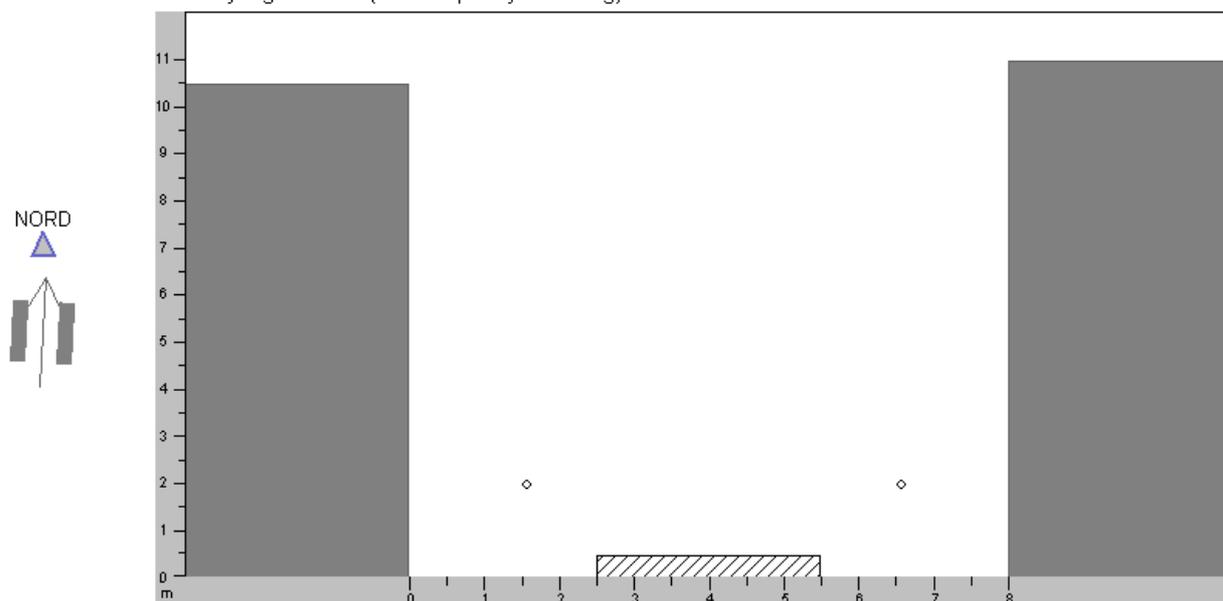


**Abbildung A-64: Straßenraum Querschnitt – ID64**

ID: 65

Name: Marburg: Am Gruen 13

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

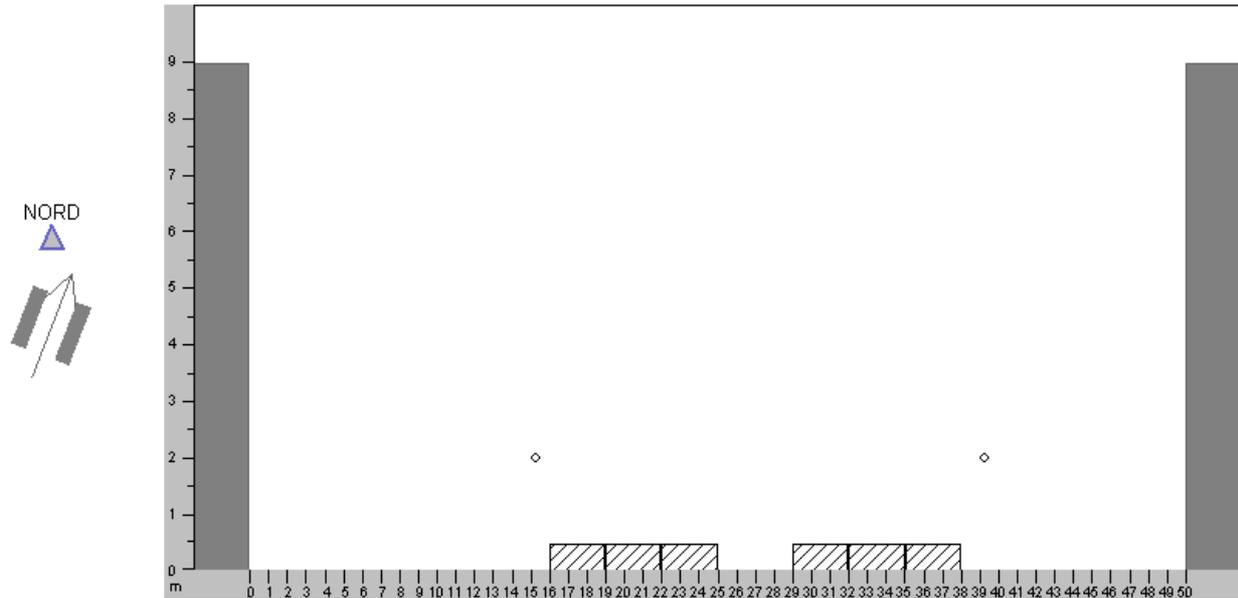


**Abbildung A-65: Straßenraum Querschnitt – ID65**

ID: 66

Name: Marburg: B3a St. Jost 24

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

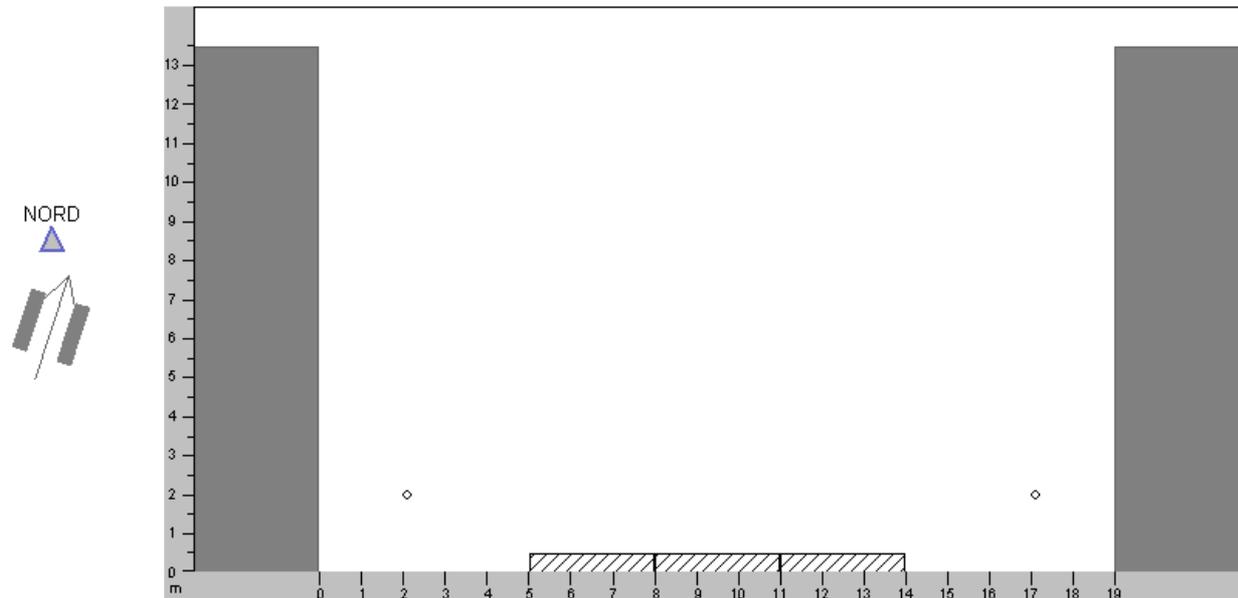


**Abbildung A-66: Straßenraum Querschnitt – ID66**

ID: 67

Name: Marburg: Biegenstr. 24

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

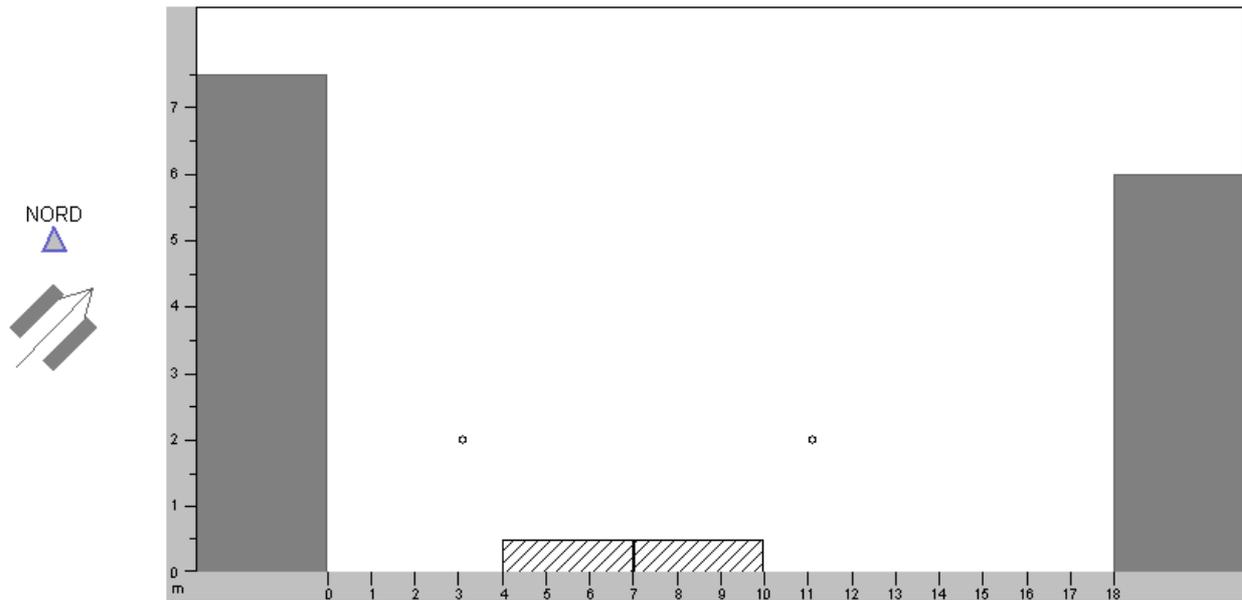


**Abbildung A-67: Straßenraum Querschnitt – ID67**

ID: 68

Name: Marburg: Coelber Str. 9

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

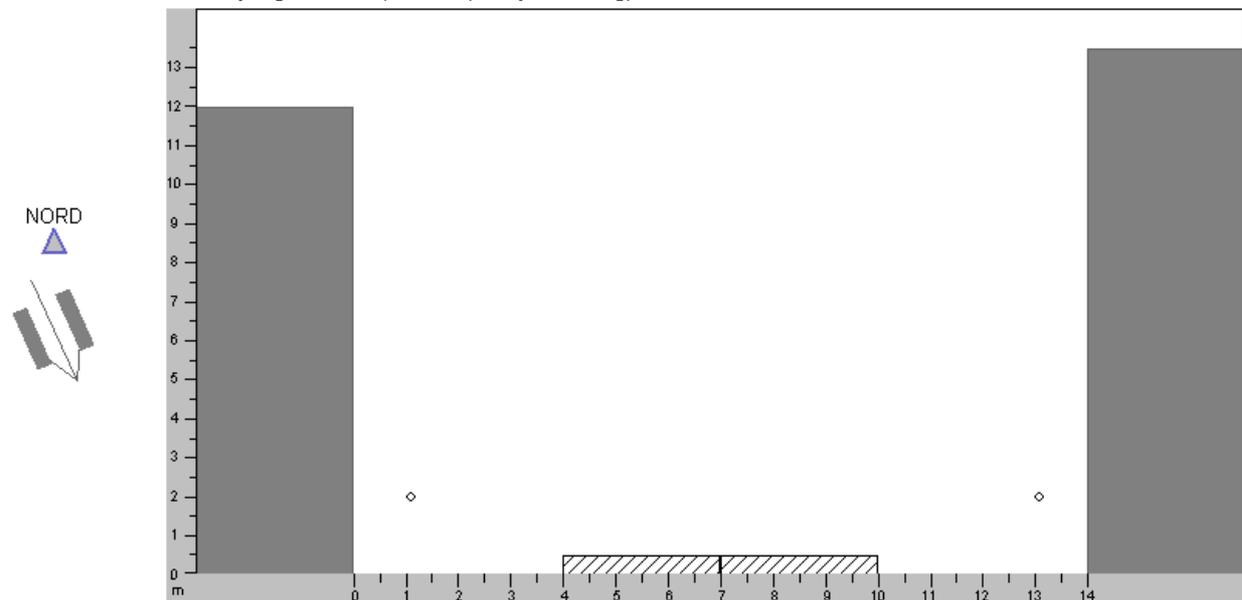


**Abbildung A-68: Straßenraum Querschnitt – ID68**

ID: 69

Name: Marburg: Elisabethstr. 13

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

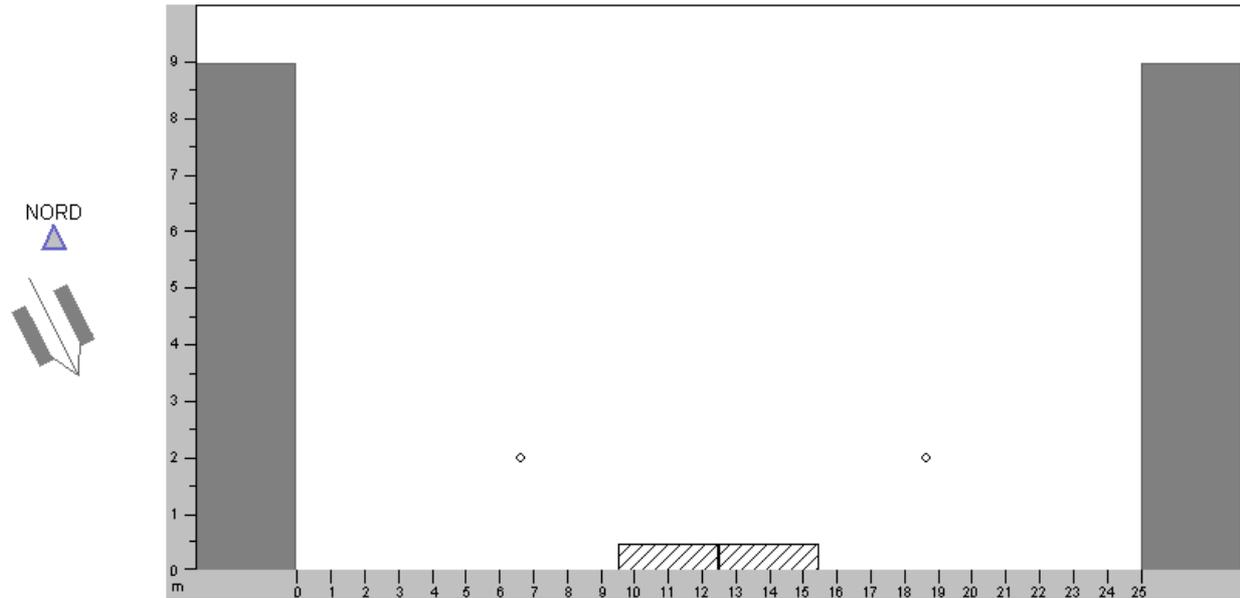


**Abbildung A-69: Straßenraum Querschnitt – ID69**

ID: 70

Name: Marburg: Schwanallee 53

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

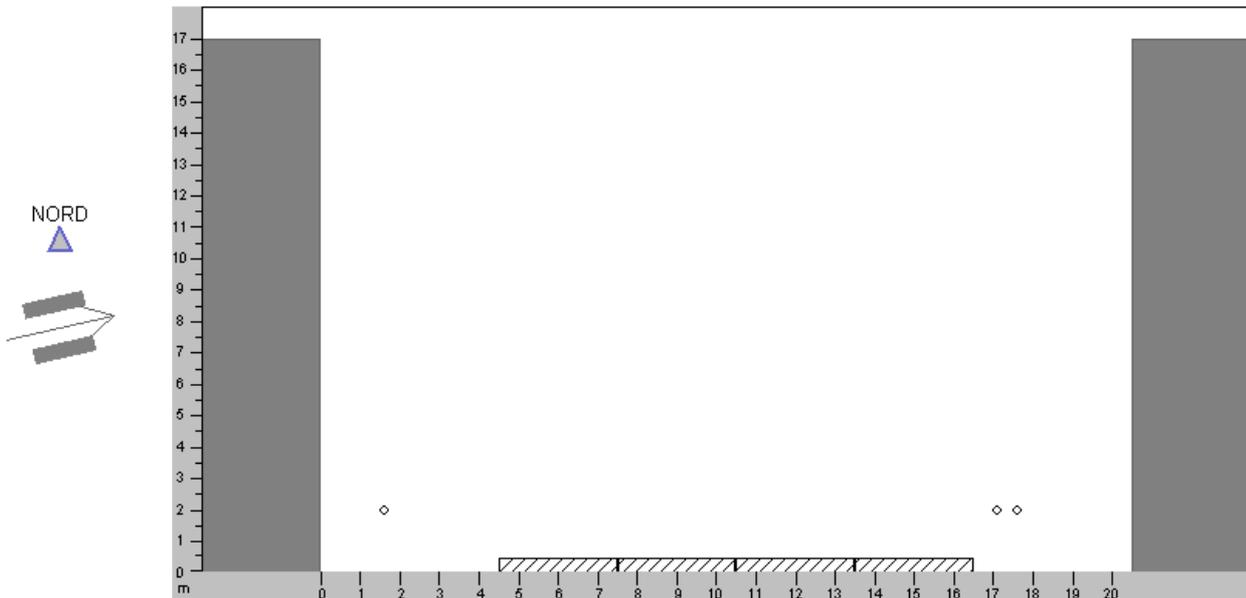


**Abbildung A-70: Straßenraum Querschnitt – ID70**

ID: 71

Name: Marburg: Universitaetsstr. 8

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

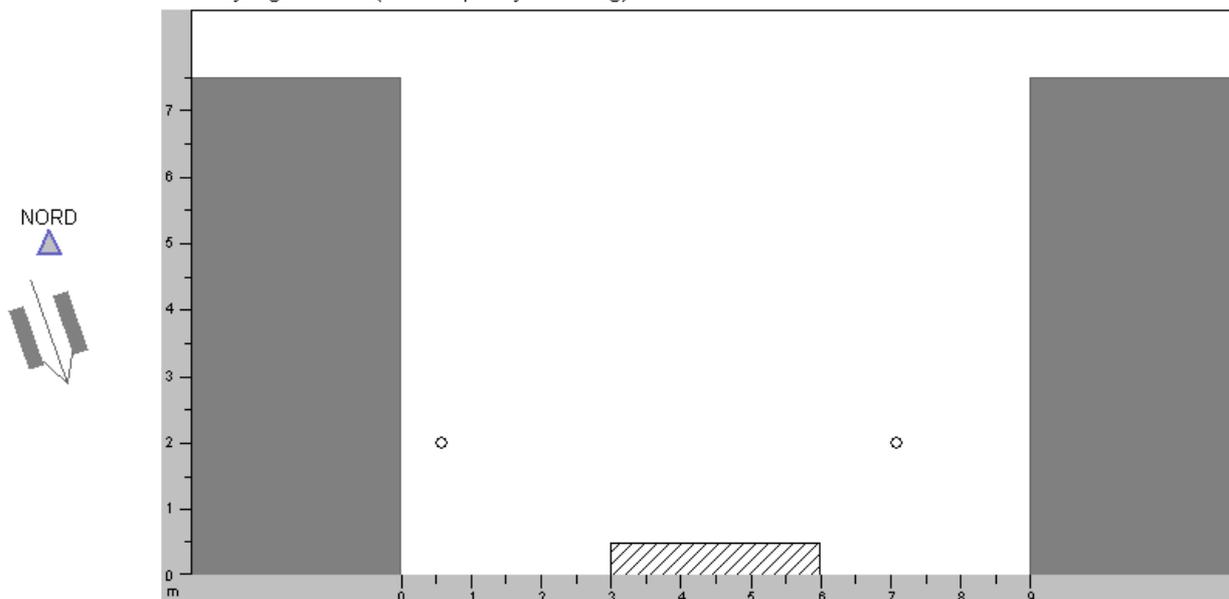


**Abbildung A-71: Straßenraum Querschnitt – ID71**

ID: 72

Name: Marburg: Zwetschenweg 6

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

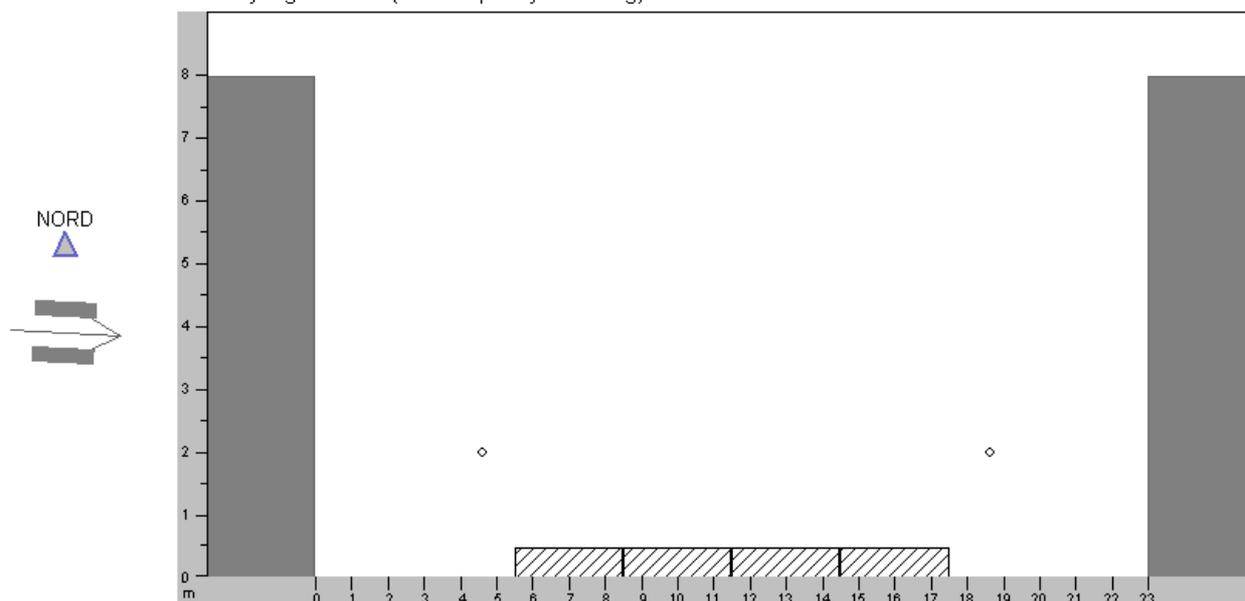


**Abbildung A-72: Straßenraum Querschnitt – ID72**

ID: 73

Name: Wetzlar: Bergstr. 17

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

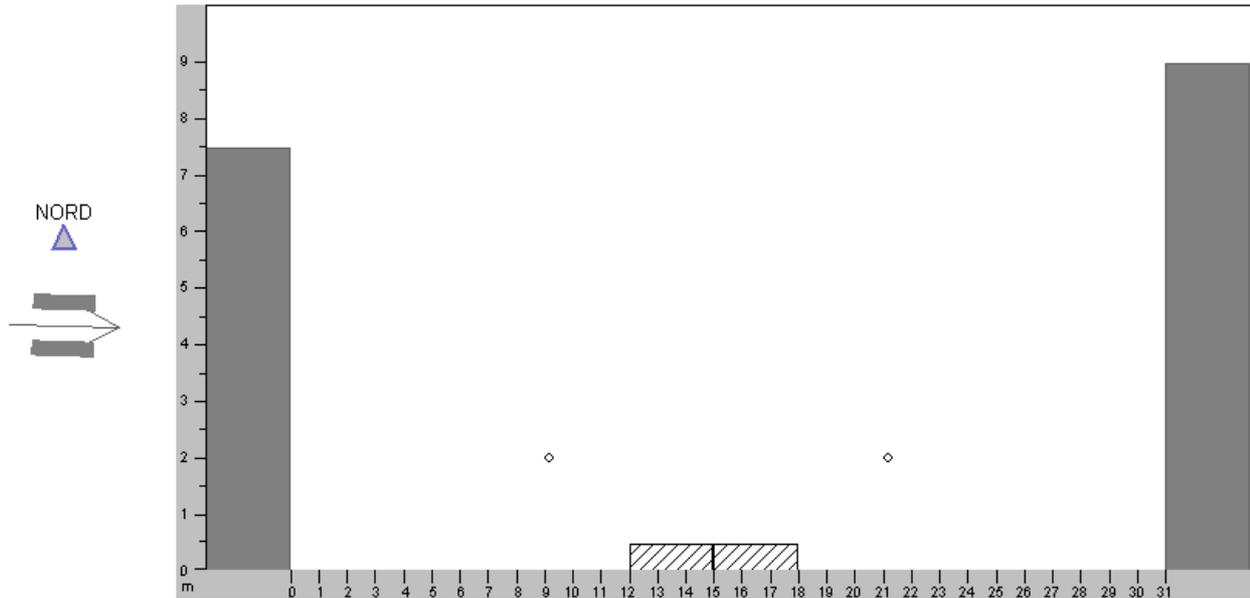


**Abbildung A-73: Straßenraum Querschnitt – ID73**

ID: 74

Name: Wetzlar: Braunfelser Str. 4

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

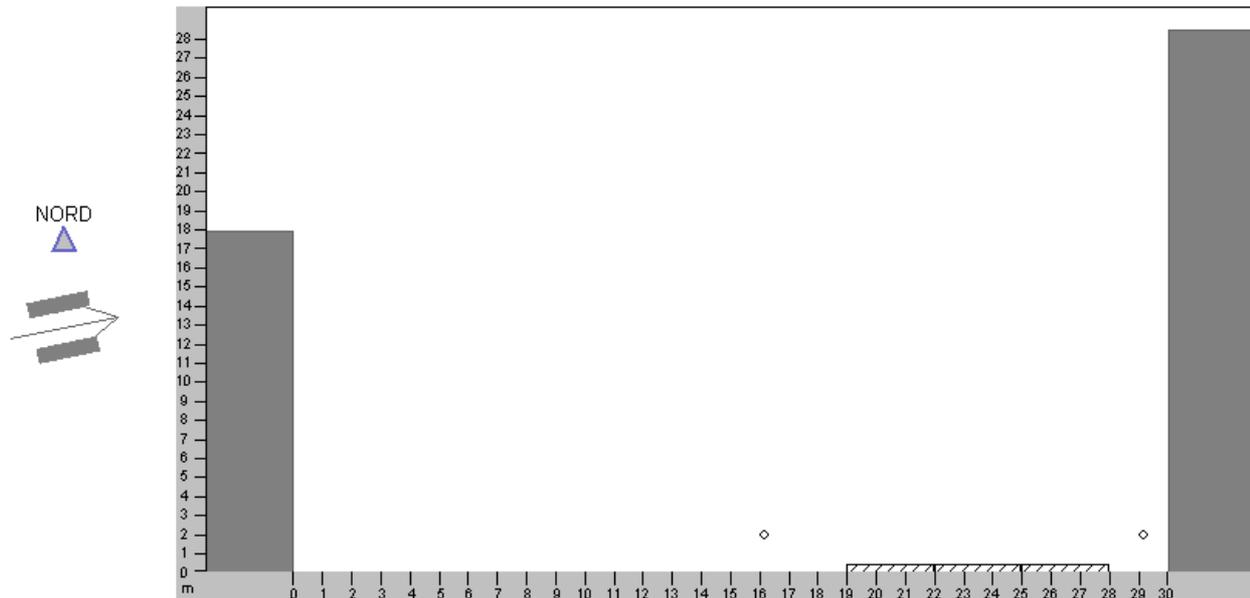


**Abbildung A-74: Straßenraum Querschnitt – ID74**

ID: 75

Name: Wetzlar: Ernst-Leitz-Str. 36

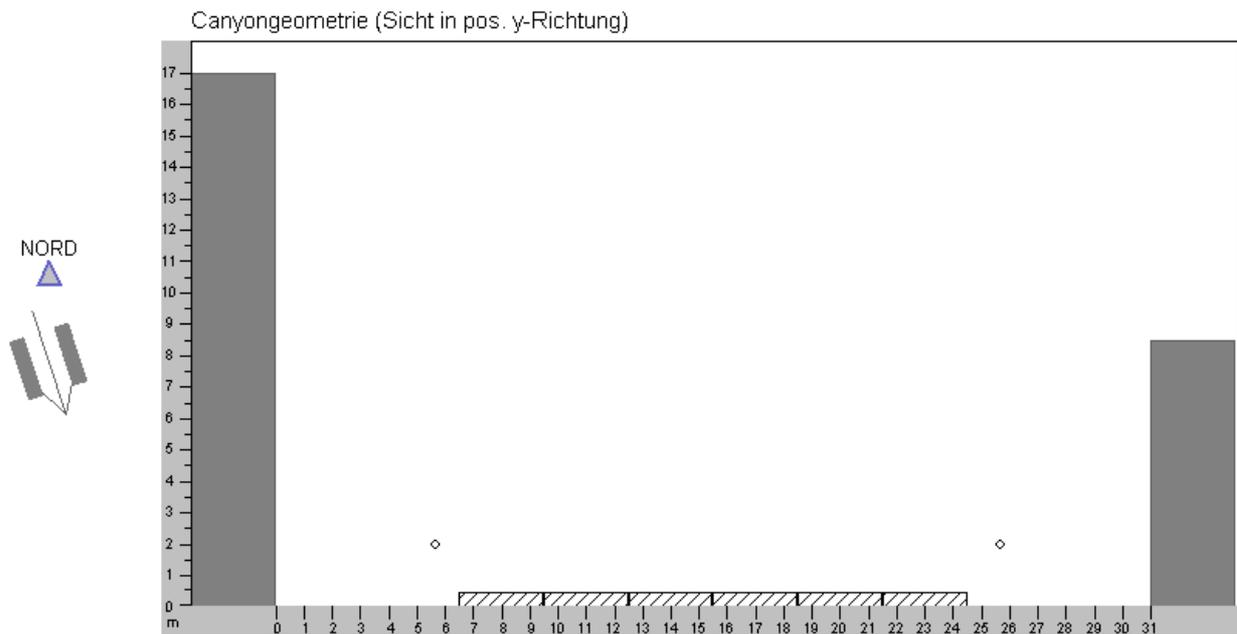
Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-75: Straßenraum Querschnitt – ID75**

ID: 76

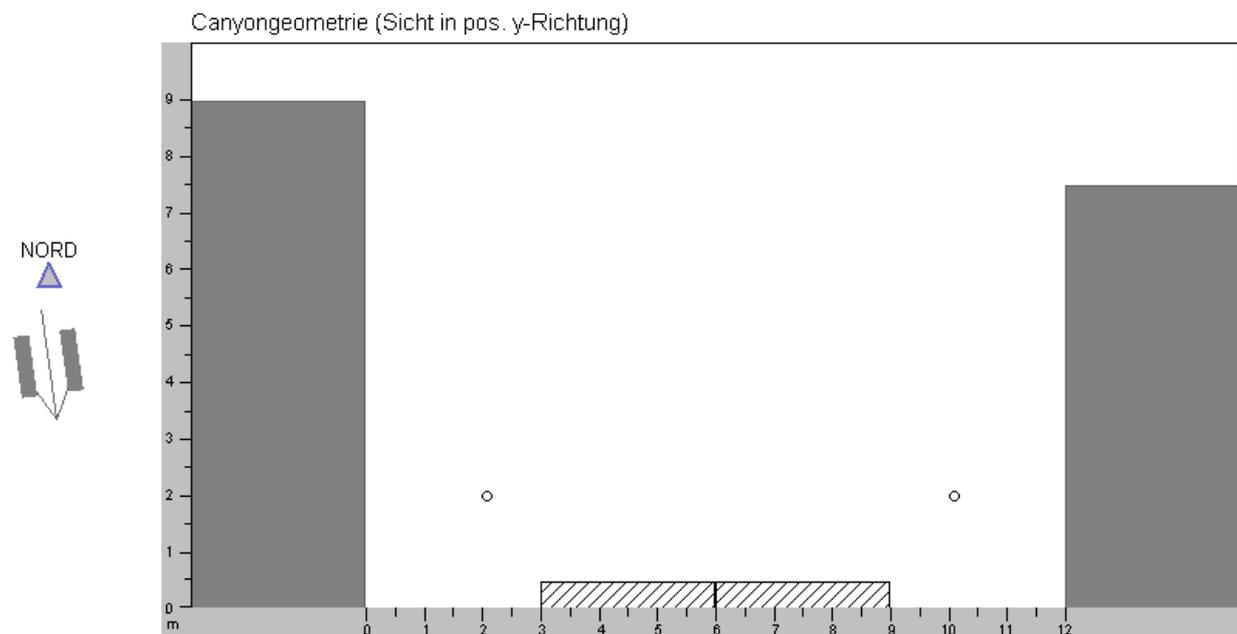
Name: Wetzlar: Gloelstr. 15



**Abbildung A-76: Straßenraum Querschnitt – ID76**

ID: 77

Name: Wetzlar: Hauptstr. 4 (Asslar)

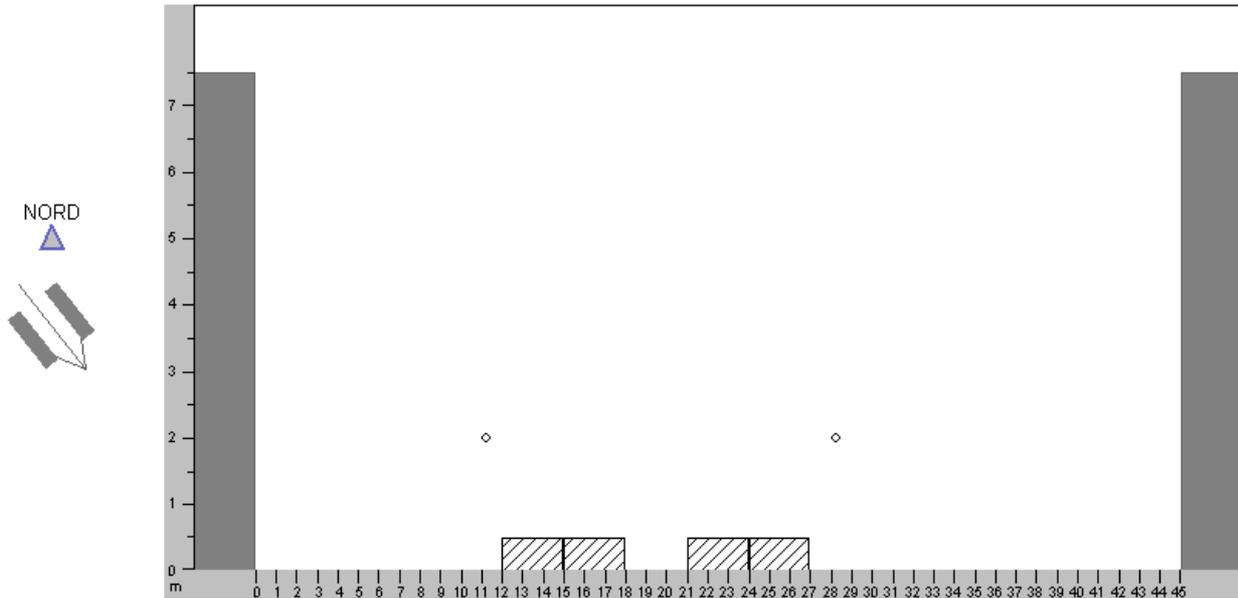


**Abbildung A-77: Straßenraum Querschnitt – ID77**

ID: 78

Name: Wetzlar: Hermannsteiner Str.

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

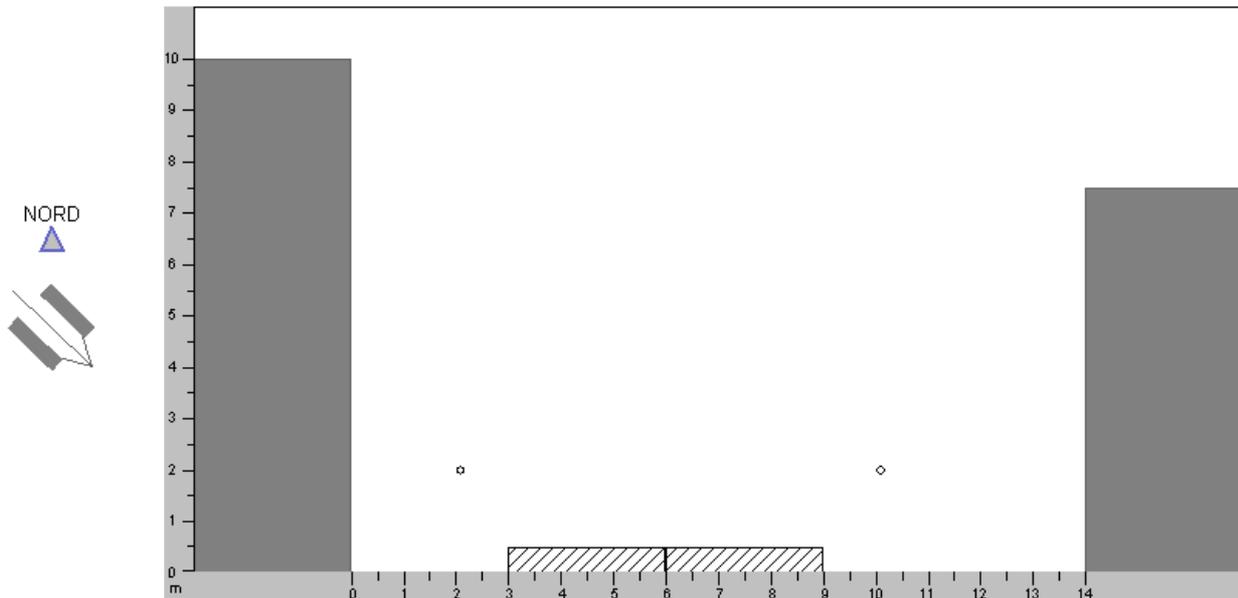


**Abbildung A-78: Straßenraum Querschnitt – ID78**

ID: 79

Name: Wetzlar: Hermannsteiner Str. 35

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

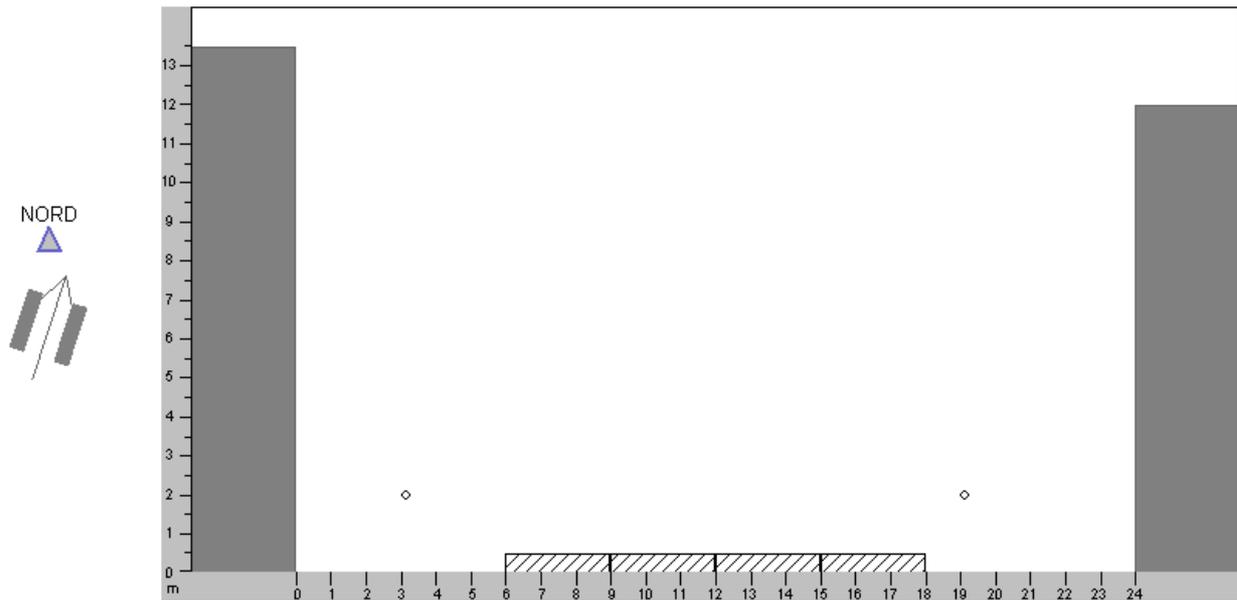


**Abbildung A-79: Straßenraum Querschnitt – ID79**

ID: 80

Name: Wetzlar: Karl-Kellner-Ring 23

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

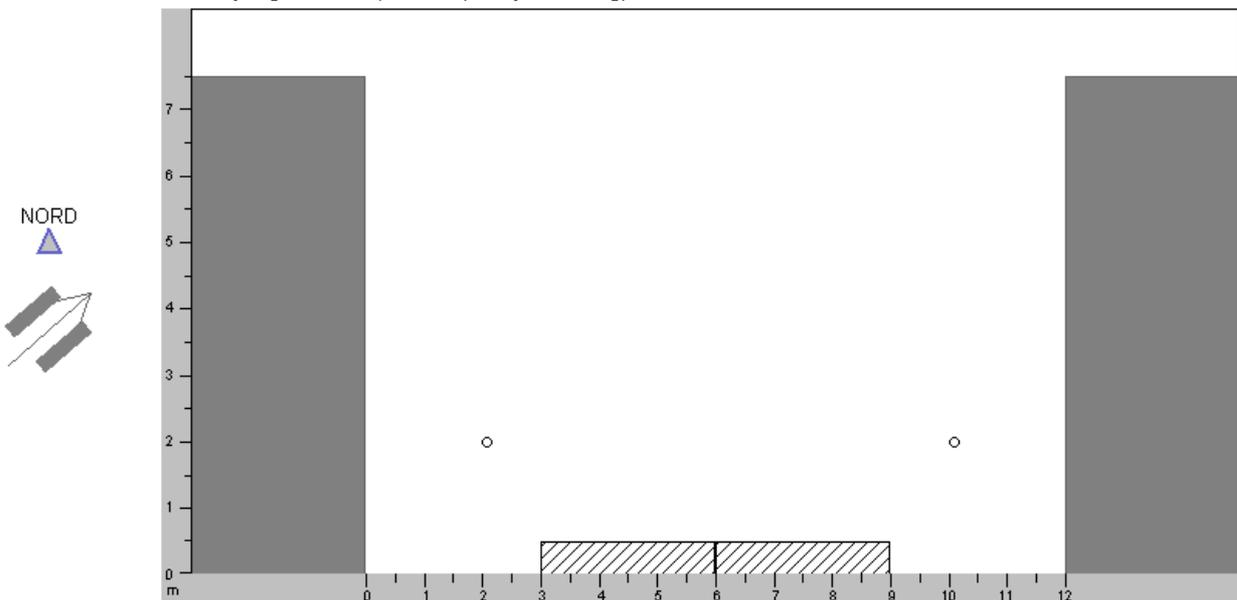


**Abbildung A-80: Straßenraum Querschnitt – ID80**

ID: 81

Name: Wetzlar: Kreisstr. 97

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

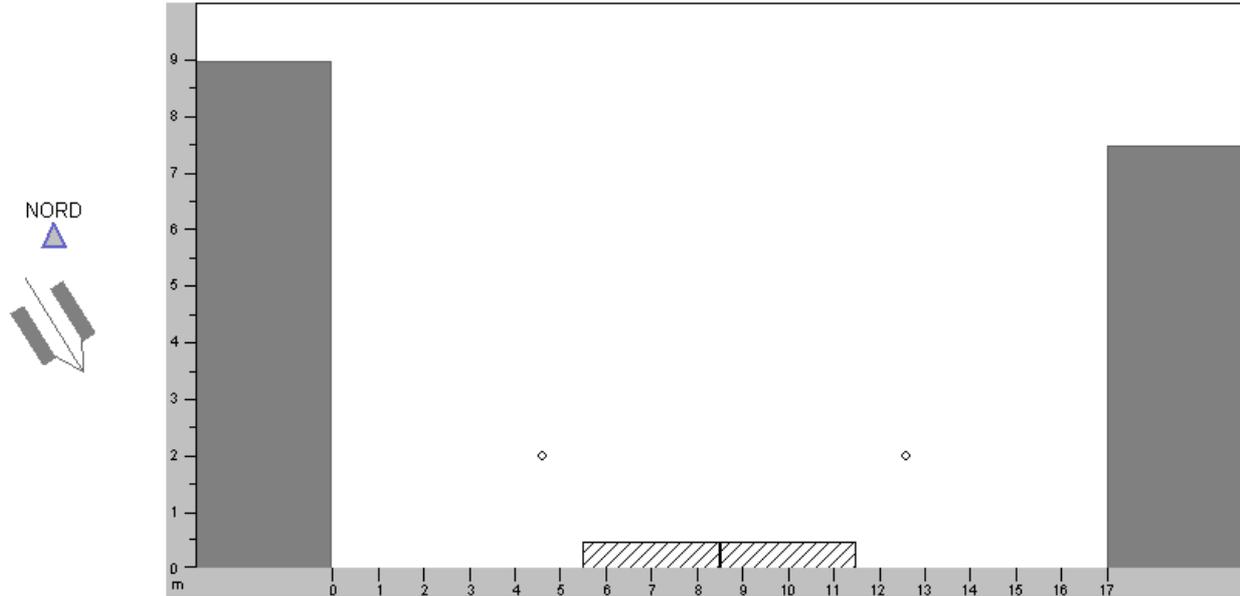


**Abbildung A-81: Straßenraum Querschnitt – ID81**

ID: 82

Name: Wetzlar: Nauborner Str. 38

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

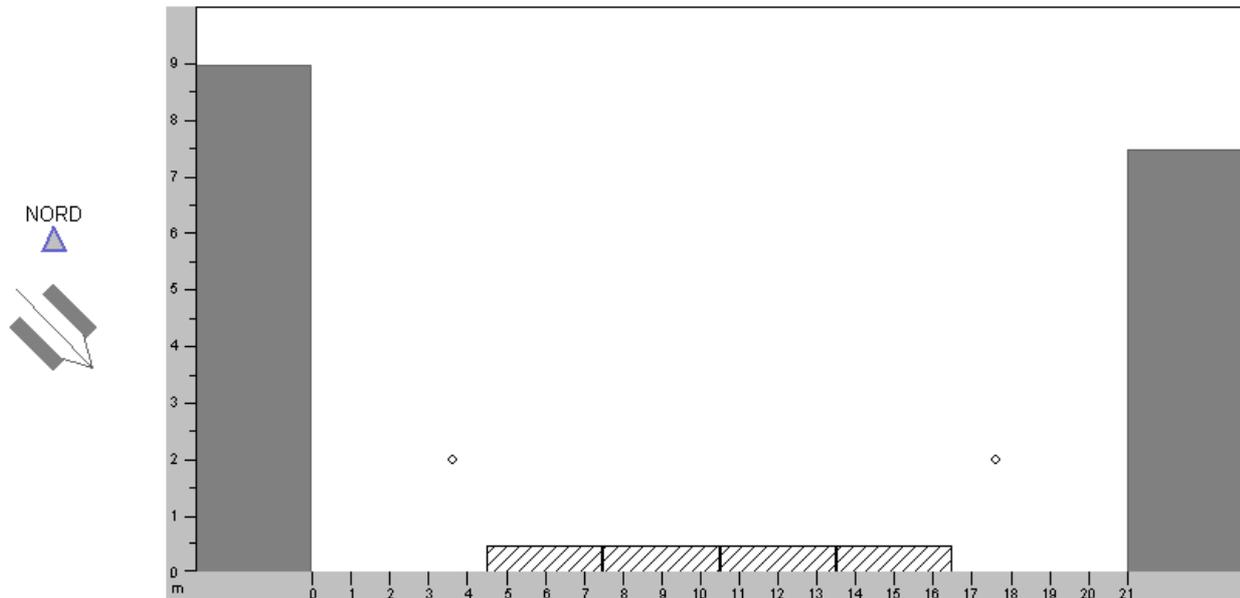


**Abbildung A-82: Straßenraum Querschnitt – ID82**

ID: 83

Name: Wetzlar: Neustadt 60

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

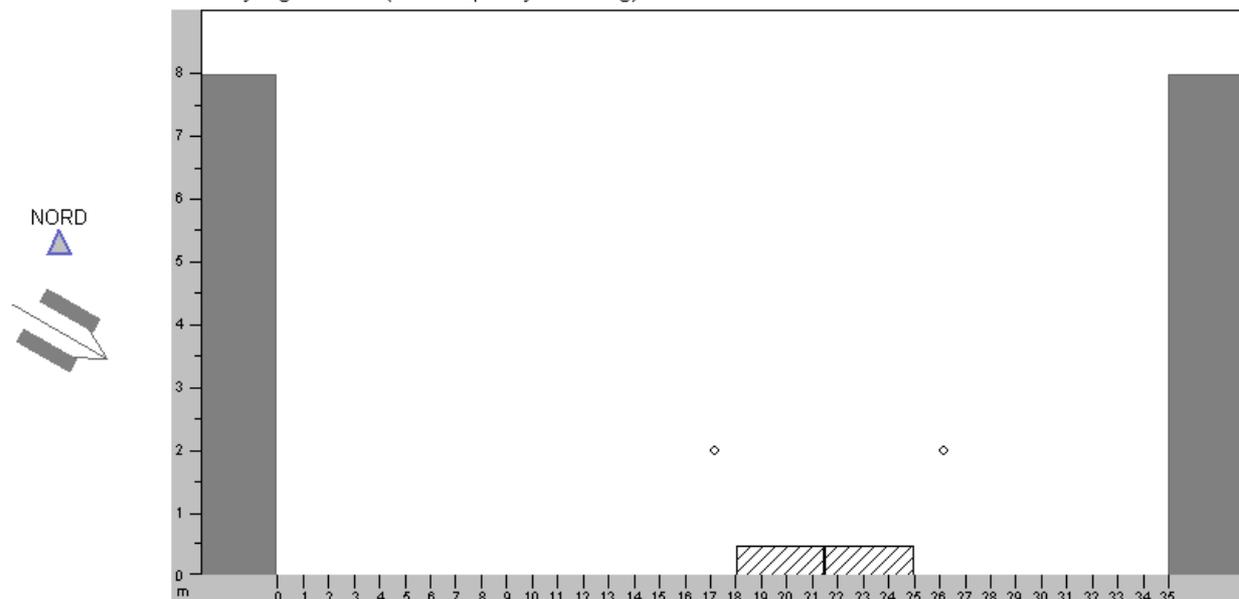


**Abbildung A-83: Straßenraum Querschnitt – ID83**

ID: 84

Name: Wetzlar: Philosophenweg 14

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

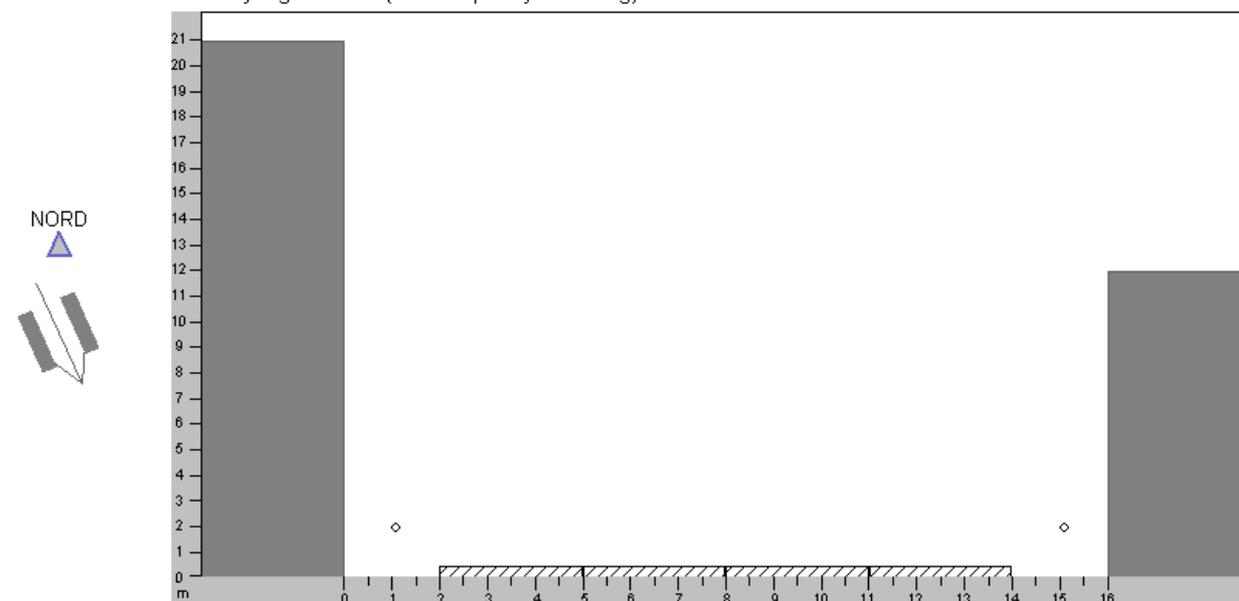


**Abbildung A-84: Straßenraum Querschnitt – ID84**

ID: 85

Name: Wetzlar: Sophienstr. 1A

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

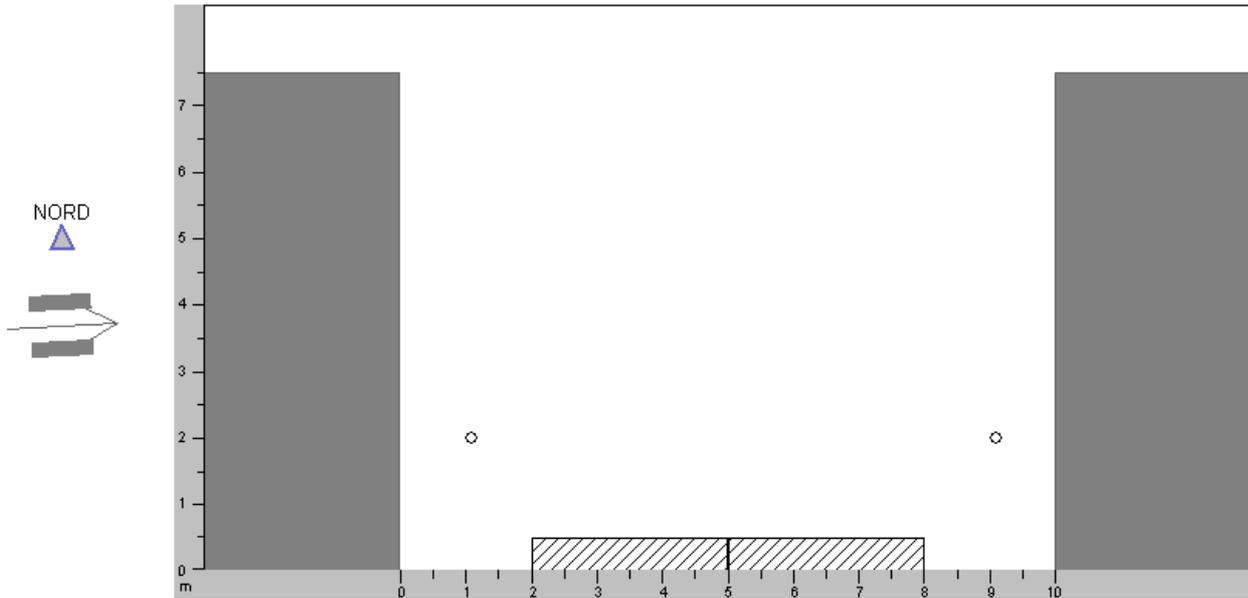


**Abbildung A-85: Straßenraum Querschnitt – ID85**

ID: 86

Name: Wetzlar: Weingartenstr. 8

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)

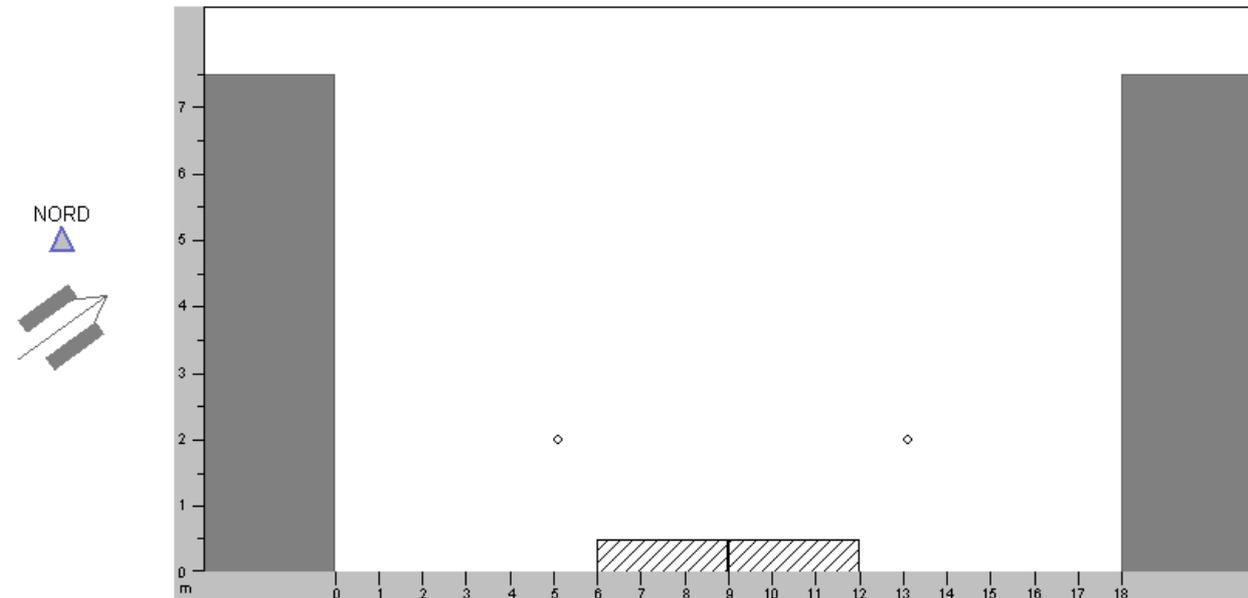


**Abbildung A-86: Straßenraum Querschnitt – ID86**

ID: 87

Name: Wetzlar: Wetzlarer Str. 12

Canyongeometrie (Sicht in pos. y-Richtung)



**Abbildung A-87: Straßenraum Querschnitt – ID87**