
Wege zur klimaresilienten Straßenraumgestaltung

Kartierung und Bewertung von Urban Heat Islands aus Mobile Mapping Daten

Frank Schulze



20 JAHRE GEOFORUM MV

02./03.09.2024

+++ Carolin Rüniger +++ Maximilian Sesselmann +++ Thorsten Naber +++ Andreas Großmann +++



- Motivaton
- Methodik
- Praxisbeispiele
- Fazit und Ausblick

die-strassengutachter.de

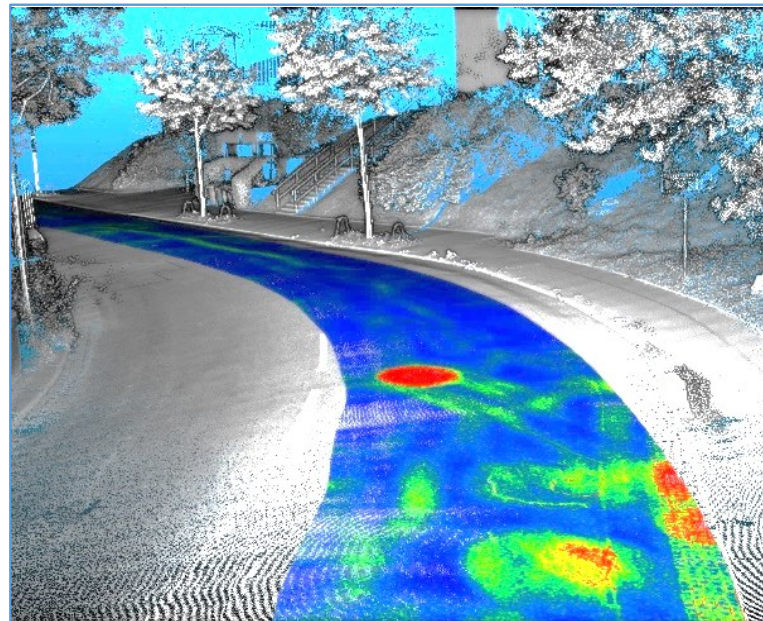
liefern mit fremdüberwachten BASt-zertifizierten Messsystemen u.a. LiDAR-basierte präzise messtechnische Zustandsdaten für:

- ✓ den Digitalen Zwilling von Ihrer Straßeninfrastruktur
- ✓ Operative und strategische Erhaltungsprogramme
- ✓ Doppische Inventuren
- ✓ Bau- und Gewährleistungsabnahmen

GINGER
LEHMANN+PARTNER



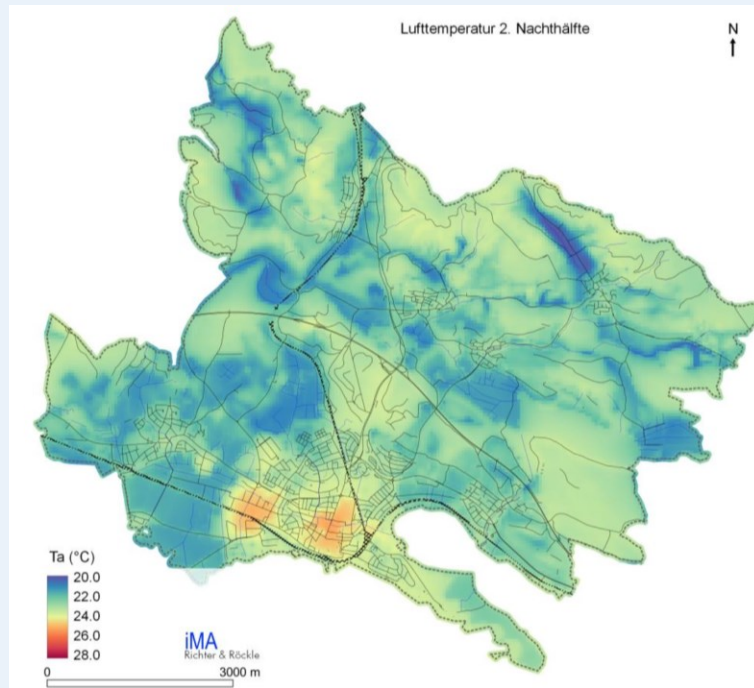
- über 30 Jahre Expertise
- 400 Städte, Kommunen
- 160 Landkreise
- 250 Doppik-Projekte
- 65 Mitarbeiter in Deutschland
- 2.300 MA weltweit in Gruppe



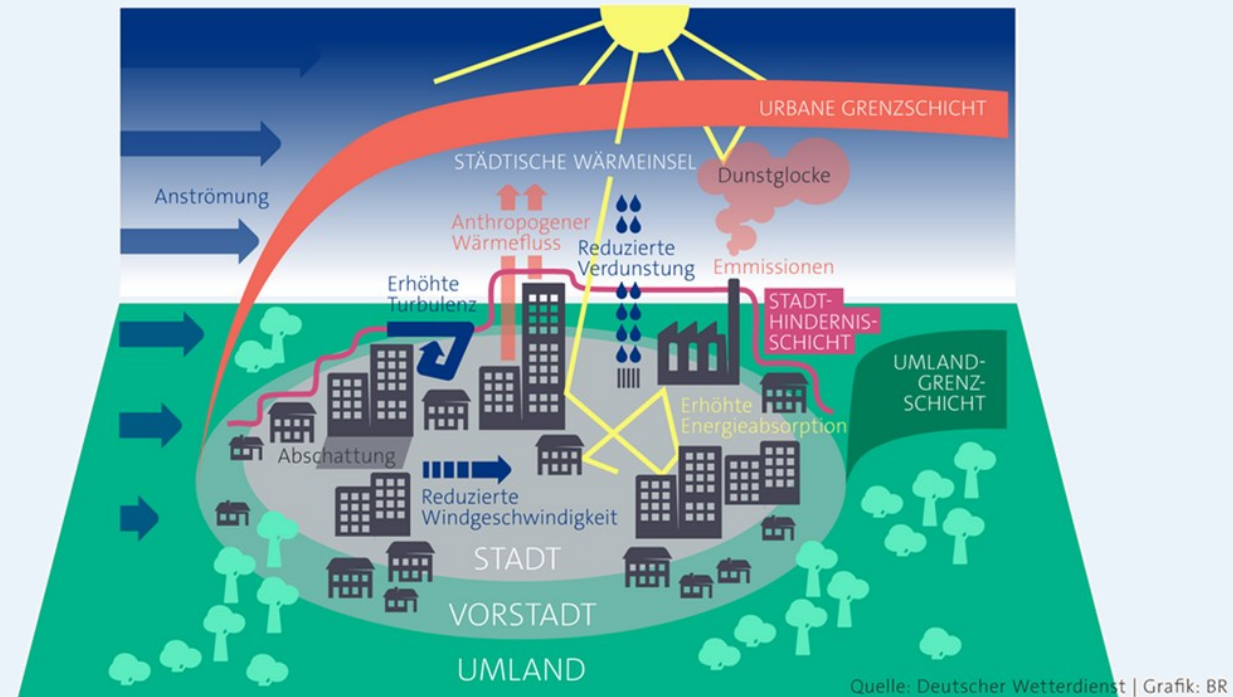
Städtische Wärmeinseln

› Urban Heat Island Effect

- Vielfältige Einflussfaktoren und komplexe Wirkungszusammenhänge [vgl. Taha 1997; Almeida et al. 2021]
- Auswirkungen: Gefährdung der menschlichen Gesundheit, Produktion von Emissionen etc.



Quelle: iMA Richter & Röckle GmbH & Co. KG, 2021 S.52



Städtische Wärmeinseln

› Urban Heat Island Effect

- Vielfältige Einflussfaktoren und komplexe Wirkungszusammenhänge [vgl. Taha 1997; Almeida et al. 2021]
- Auswirkungen: Gefährdung der menschlichen Gesundheit, Produktion von Emissionen etc.
- Potenziell umsetzbare Klimaanpassungskonzepte für den urbanen Raum [vgl. Bartholomäus 2023; Denck 2023]

Anpassungen im Straßenraum
können einen wesentlichen Beitrag zur
Verbesserung der Klimaresilienz von Städten leisten

Identifikation von UHI-Risikobereichen

- › Räumliche Auflösung von klassischen Modellierungen des Stadtklimas oftmals zu gering, um detailliert den Straßenraum abzubilden
- › Nutzung von Mobile Mapping Daten, die z.B. im Zuge der kommunalen Zustandserfassung aufgenommen werden, um überwärmungsgefährdete Bereiche im Straßenraum zu lokalisieren

Unser Fokus:

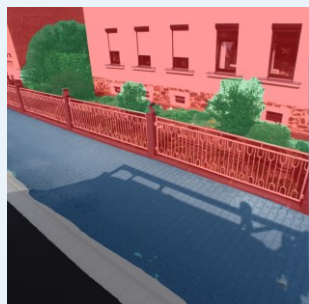
- Lokalisierung von UHI-Risikobereichen
- Maßnahmenorientierte Bewertung (Konzepte „weiße“ & „grüne“ Stadt)
- Unterstützung der Kommunen bei Planung von Klimaanpassungsmaßnahmen
- Steigerung der Klimaresilienz von Städten

Mobile Mapping System I.R.I.S





INDIKATOR → *Bewertung* → EINZELINDEX → *Gewichtung* → GESAMTINDEX



Deckschichtart und Vegetationsanteil aus Kamerabildern

- Verwendung von Materialien mit günstigeren therm. Eigenschaften
- Erhöhung Grünflächenanteil

MASSNAHME



Oberflächenhelligkeit aus Laserscan (Intensität)

- Erhöhung Straßenalbedo durch Aufhellung

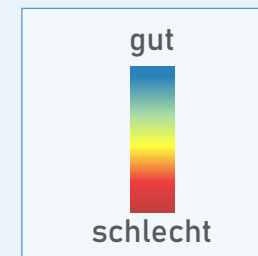
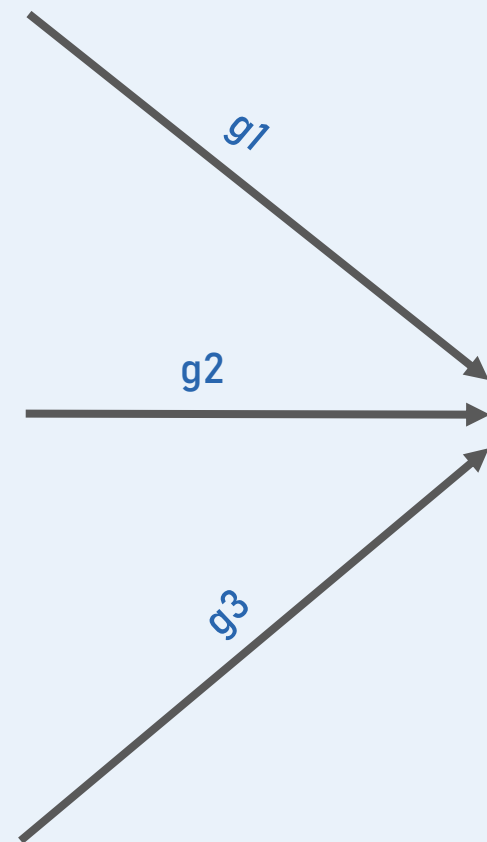
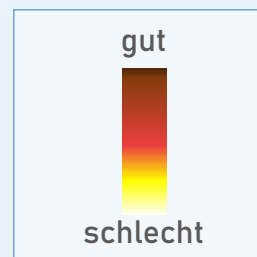
MASSNAHME

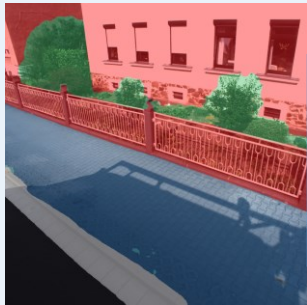


Sonneneinstrahlung

- Beschattung

MASSNAHME





Deckschichtart und
Vegetationsanteil aus
Kamerabildern



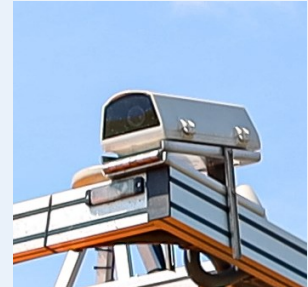
Oberflächenhelligkeit aus
Laserscan (Intensität)



Solaranalyse auf DOM

Semantische Bildsegmentierung mit KI

- › Datengrundlage: Georeferenzierte Kamerabilder des Mobile Mapping Systems I.R.I.S 13
 - Fotos alle 5 m aus 4 Perspektiven



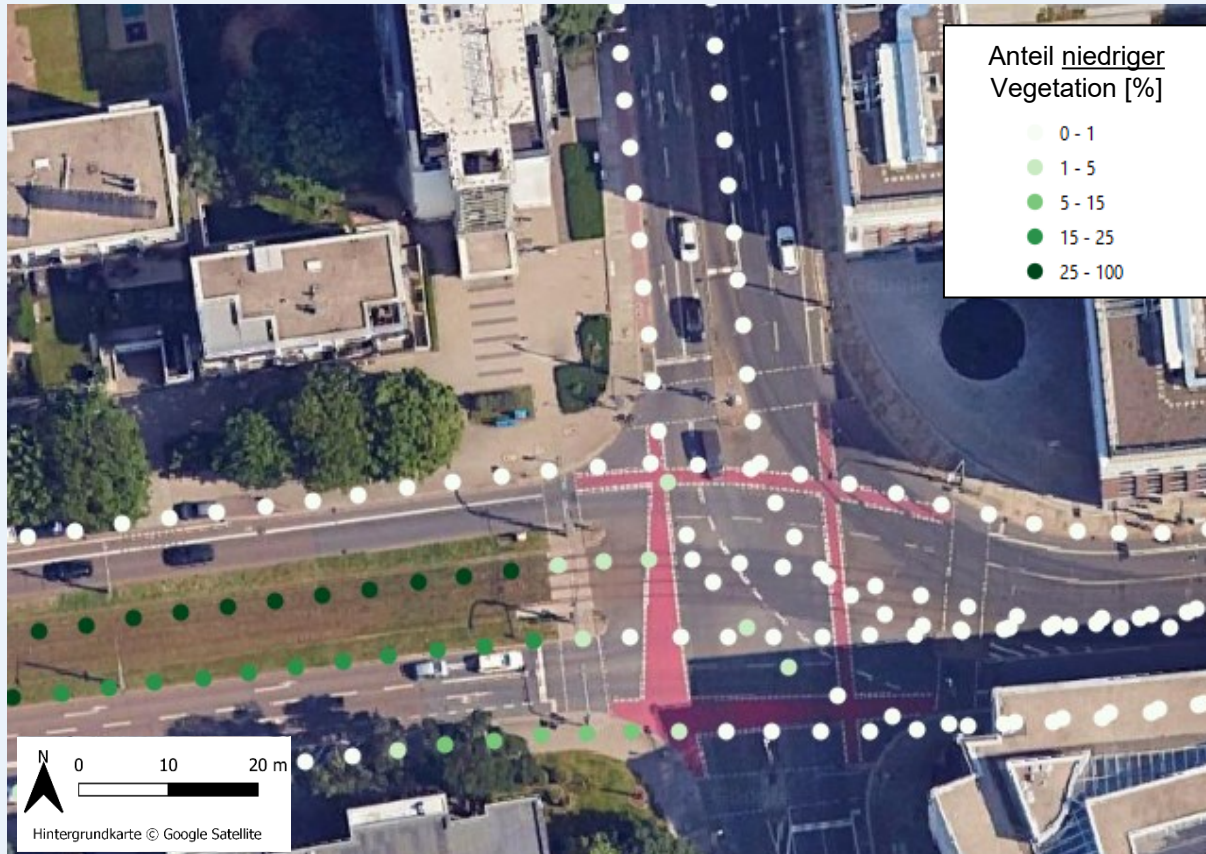
- › Deep Learning zur semantischen Segmentierung
 - Trainieren eines CNN-Modells mit eigenem Datensatz
 - Unterscheidung von Oberflächenmaterialien und Erkennung von Vegetationstypen
 - › Asphalt, Betonstein-Pflaster, Naturstein-Pflaster, Beton, unbefestigte Oberflächen (Schotter)
 - › niedrige / mittlere / hohe Vegetation, Baumstämme

Anwendung des KI-Modells

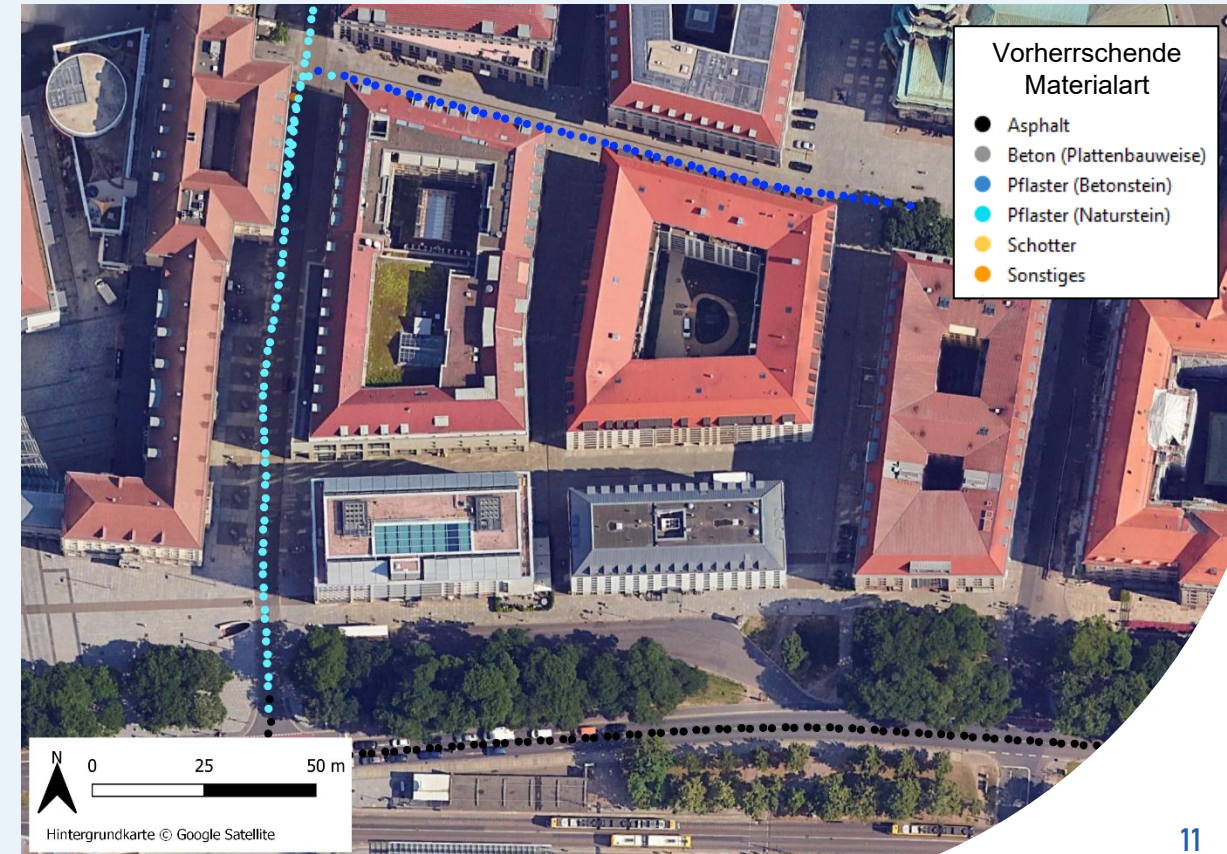
- Asphalt
- Pflaster (Betonstein)
- Pflaster (Naturstein)
- Beton (Plattenbauweise)
- Unbefestigt (Erde, Schotter, Kies, Laub)
- Niedrige Vegetation (Gras)
- Mittelhohe Vegetation (Büsche, Hecken)
- Hohe Vegetation (Baumkronen)
- Baumstamm
- Gebäude/Mauern/Zäune
- Einbauten / sonstige Objekte

Georeferenzierung der KI-Ergebnisse durch kalibrierte Kameras (virtuelle Sichtachse durchstößt die Ebene)

Seitenkamerabilder: Bestimmung des Vegetationsanteils



Front- & Heckkamerabilder: Bestimmung der vorherrschenden Materialart

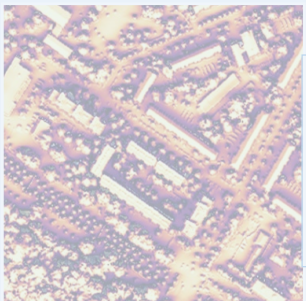




Deckschichtart und
Vegetationsanteil aus
Kamerabildern



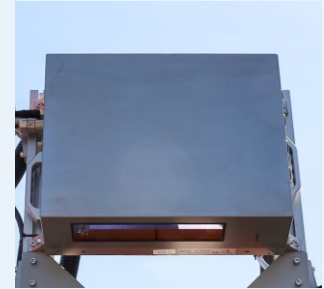
Oberflächenhelligkeit aus
Laserscan (Intensität)



Solaranalyse auf DOM

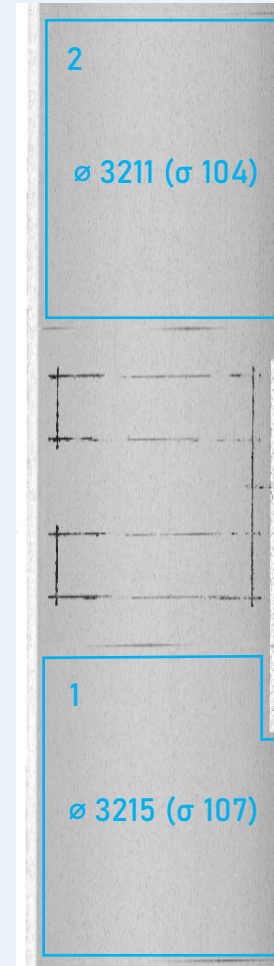
Helligkeit der Straßenoberfläche

- › Pavement Profile Scanner PPS-Plus
 - LiDAR Profiler (aktiver Sensor)
 - Infrarot-Laser (1500 nm)
 - Erfassung von Polarkoordinaten, Entfernung, Scanwinkel, Zeitstempel und Reflexionsintensität pro Punktmessung
 - 1 Mio. Punkte/Sek.
- › Datenprodukt: 3D-Punktwolke von ca. 4,2 m Breite
- › Nutzung der aufgenommenen Reflexionsintensität
 - Je dunkler eine Oberfläche, desto weniger Photonen gelangen zurück zum Scanner, desto niedriger ist der Intensitätswert
- › Intensity Correction: Intensitätsmessung wird im Zuge der Systemwartung auf Prüfkörper kalibriert (Korrektur Auftreffwinkel)

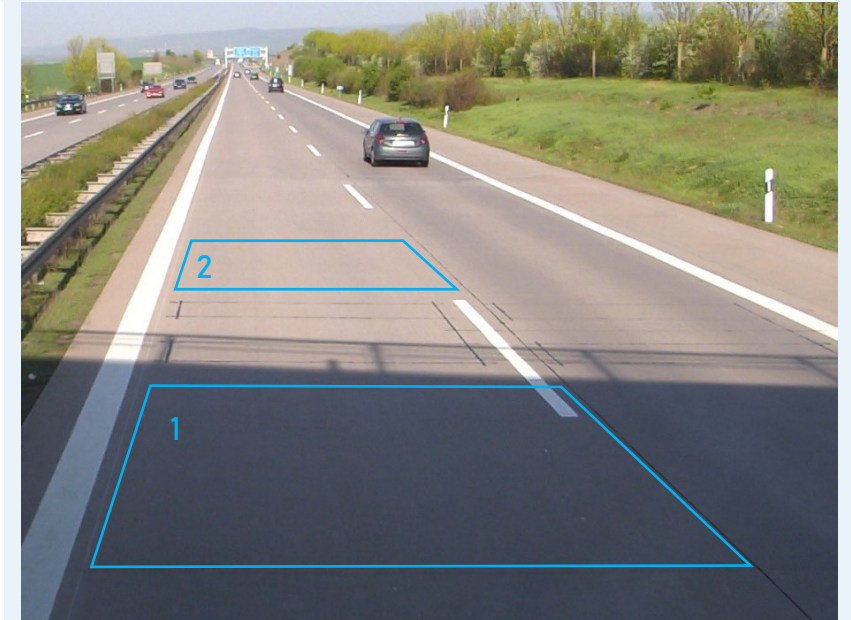


LiDAR Reflexionsintensität als Indikator für die Oberflächenhelligkeit

- › Typische Fahrbahnoberflächen kommunaler Straßen liegen in einem Wertebereich von ca. 1500 – 2500 (Mittel über 10 m Laserscan)
 - Beton auf Autobahnen: ~ 3200
- › Schwankungen der Reflexionsintensitätswerte in Bezug auf typischen Wertebereich
 - durch Schatten: 0 - 1 %
 - über mehrere Tage: 2 - 5 %



Laserscan (Top-View)
der Situation rechts



Frontkamerabild: Betonplatte mit und ohne Schatten

Berechnung des Medians der Intensitätswerte für 10 m Abschnitte (Vergleich: Hin und Rück)

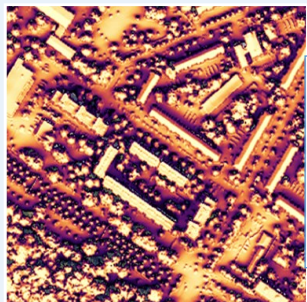




Deckschichtart und
Vegetationsanteil aus
Kamerabildern



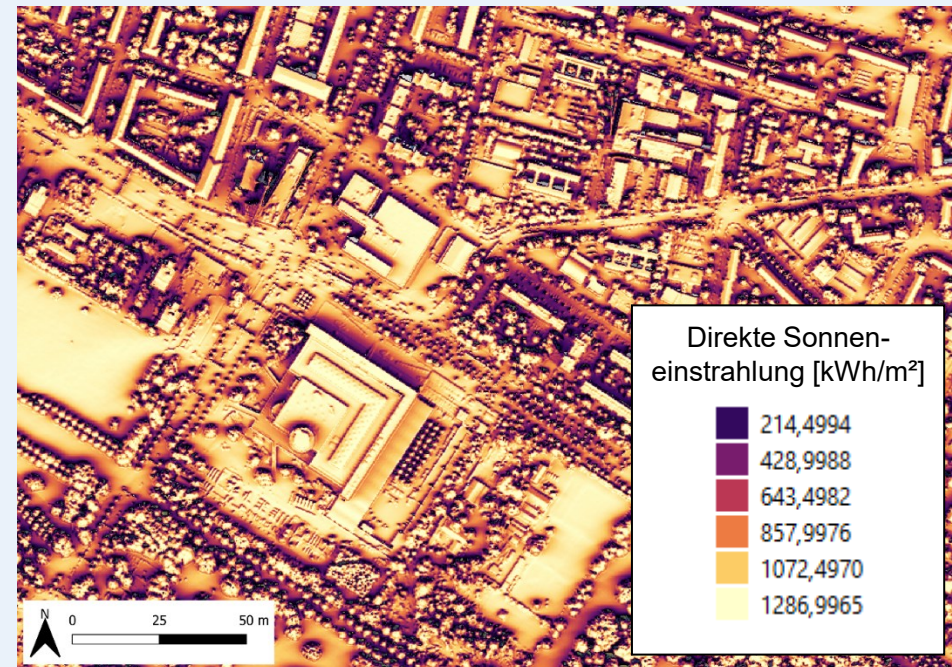
Oberflächenhelligkeit aus
Laserscan (Intensität)



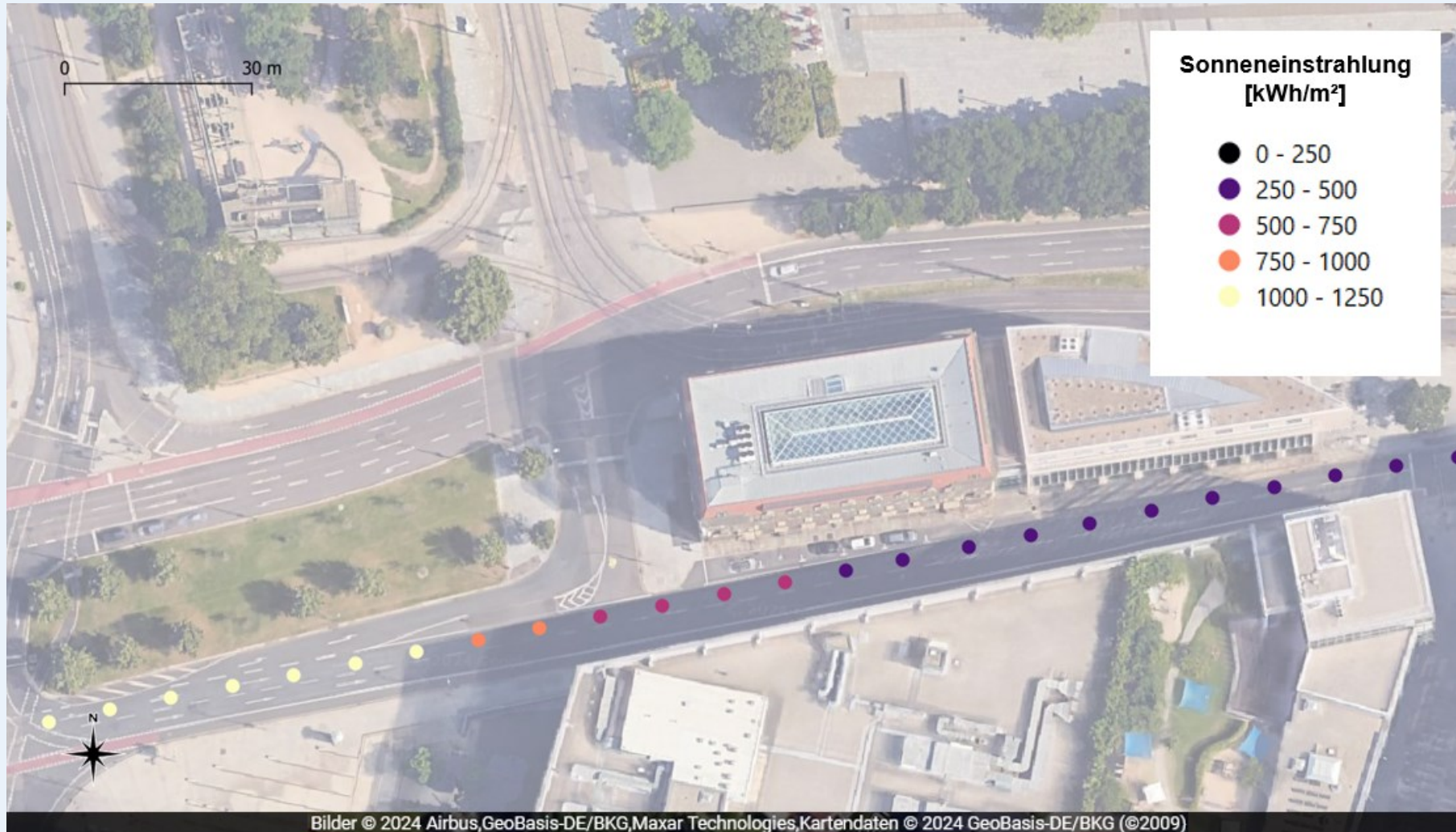
Sonneneinstrahlung

GIS-basierte Solarpotentialanalyse

- › Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung mit SAGA GIS (Potential Incoming Solar Radiation)
 - Input: Airborne LiDAR DOM1 (teilw. Open Data)
 - Verschneidung mit Straßengeometrie
 - Frage: Welche Straßenbereiche sind beschattet?



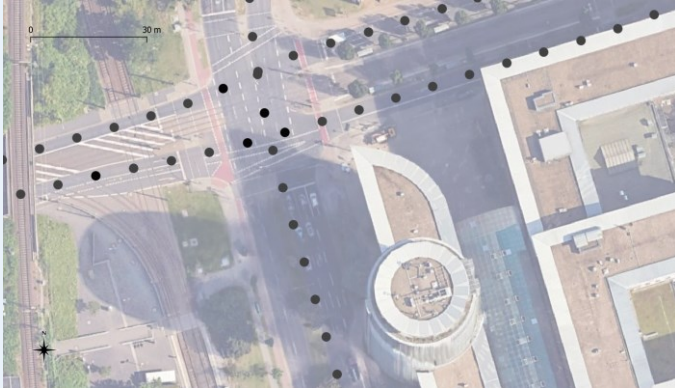
Beispiel: direkte Sonneneinstrahlung auf Straße



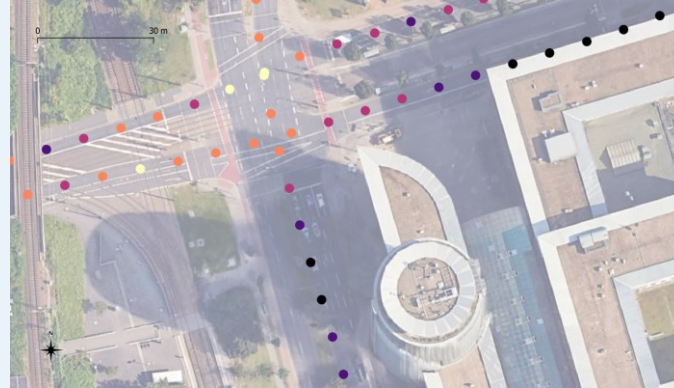
Bewertungsansatz in Anlehnung an die systematische Straßenzustandsbewertung (ZEB)

- › Straßennetz wird in Auswerteabschnitte gleicher Länge aufgeteilt (10 m)
- › Georeferenzierte Rohergebnisse der Indikatoren werden auf die Auswerteabschnitte projiziert

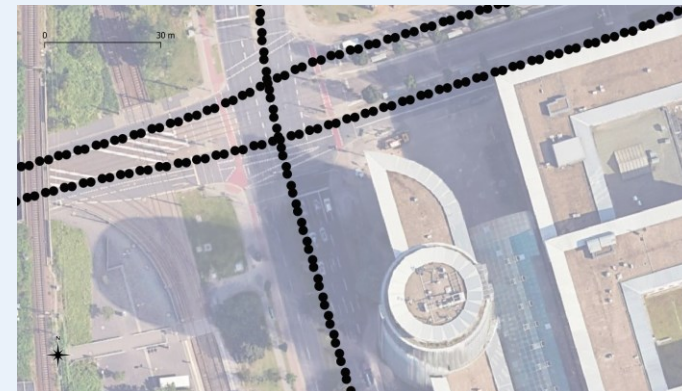
Reflexionsintensität



Sonneneinstrahlung



Vegetationsanteil



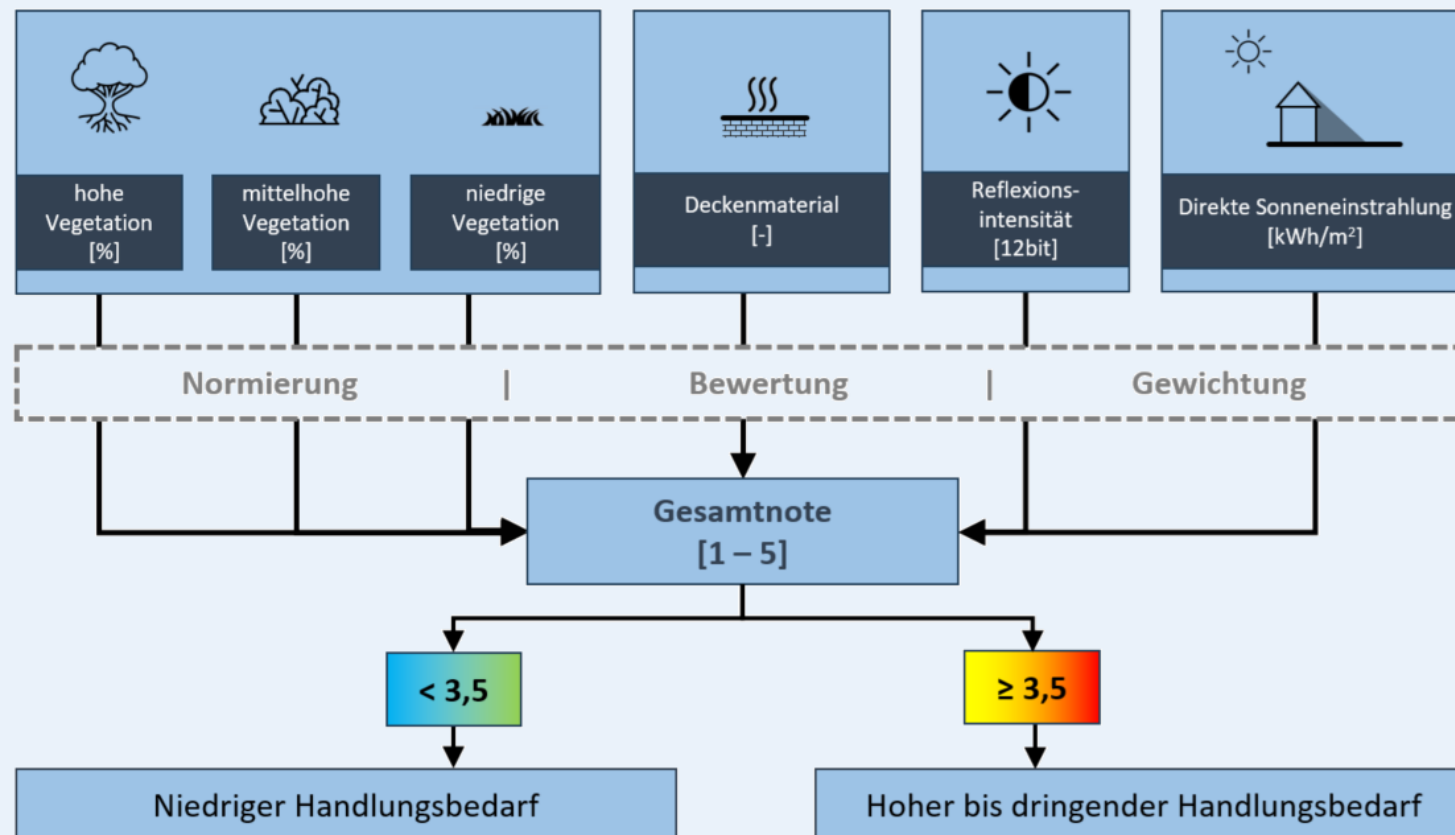
Deckschichtart

10m-Abschnitte

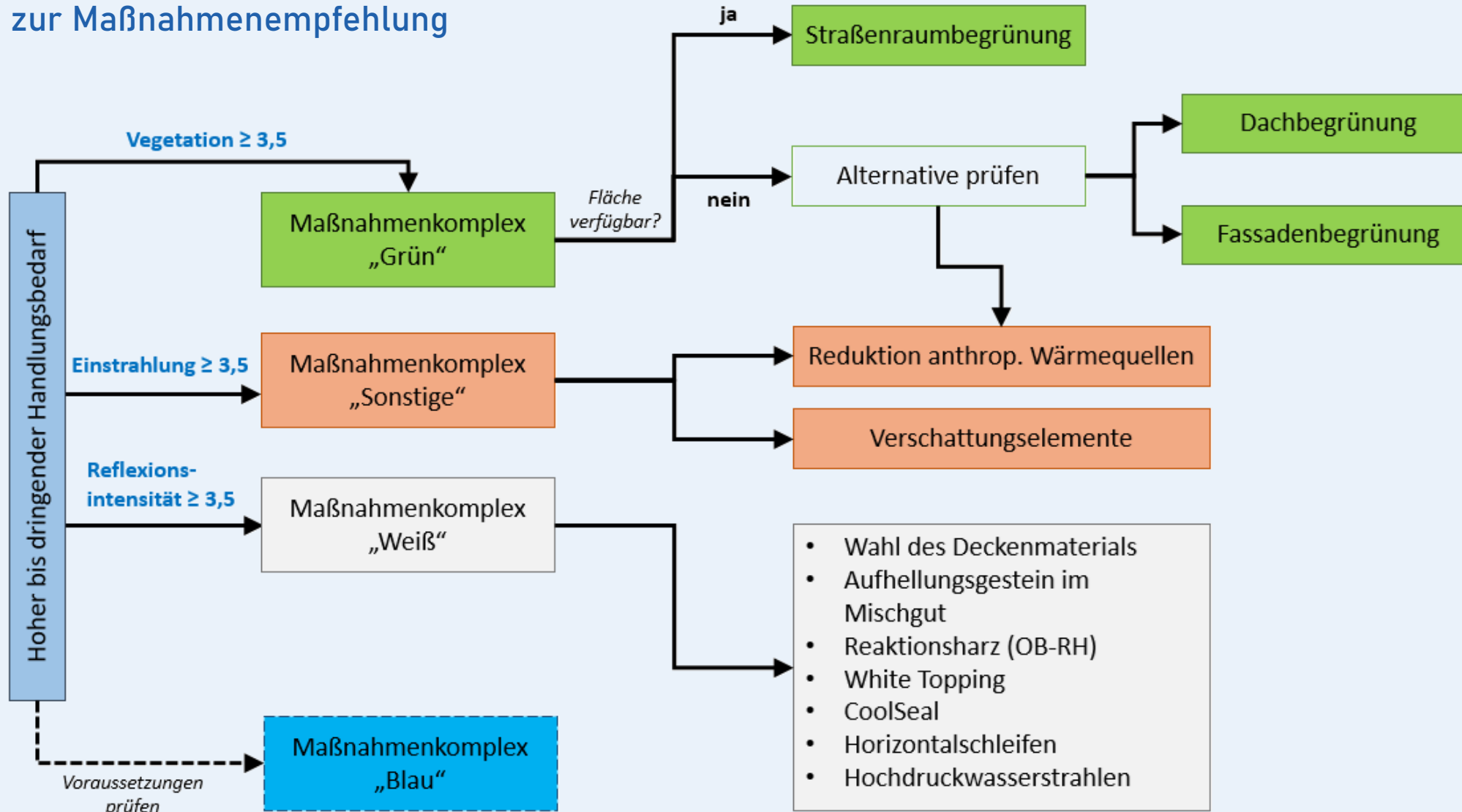


Bewertungsansatz in Anlehnung an die systematische Straßenzustandsbewertung (ZEB)

- › Bewertung mithilfe von Normierungsfunktionen (Notenschema von 1 bis 5)
- › Gewichtung der Indikatoren zur Berechnung eines Gesamtindex
→ 3,5 zeigt Handlungsbedarf an

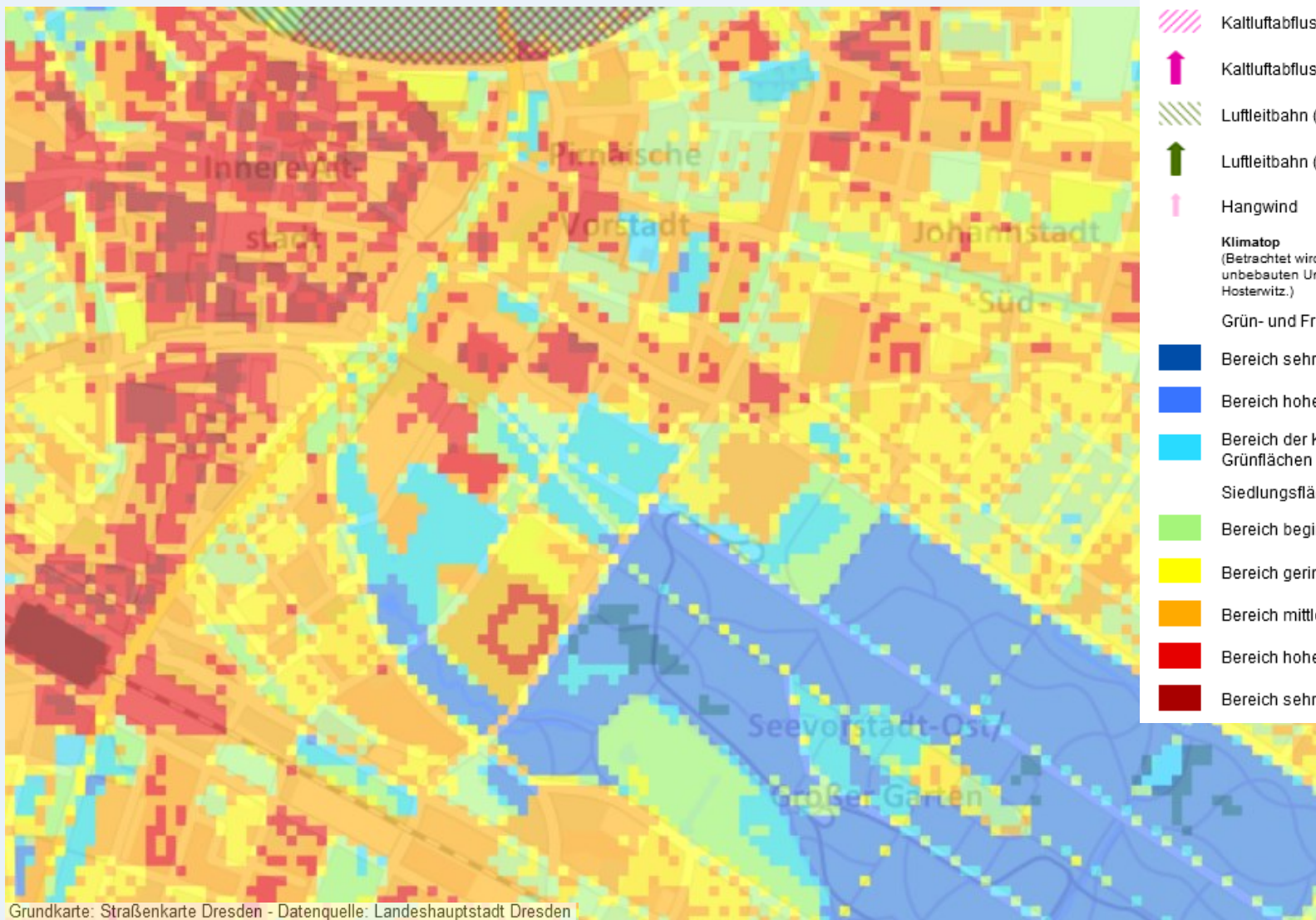


Schema zur Maßnahmenempfehlung





Klimafunktionskarte Dresden



Klimafunktionskarte

- Kaltluftabflussbahn (Fläche)
- Kaltluftabflussbahn (Fließrichtung)
- Luftleitbahn (Fläche)
- Luftleitbahn (Fließrichtung)
- Hangwind

Klimatop
(Betrachtet wird die Differenz des betreffenden Gebietes zum unbebauten Umland. Als Referenz gilt die DWD-Station DD-Hosterwitz.)

Grün- und Freiflächen:

- Bereich sehr hoher Kalt- und Frischluftproduktion
- Bereich hoher Kalt- und Frischluftproduktion
- Bereich der Kalt- und Frischluftentstehung im Elbtal, auf Grünflächen und daran angrenzende Gebiete

Siedlungsflächen:

- Bereich beginnender Überwärmung (1 bis 2 Grad)
- Bereich geringer Überwärmung (2 bis 3 Grad)
- Bereich mittlerer Überwärmung (3 bis 4 Grad)
- Bereich hoher Überwärmung (4 bis 5 Grad)
- Bereich sehr hoher Überwärmung (> 5 Grad)

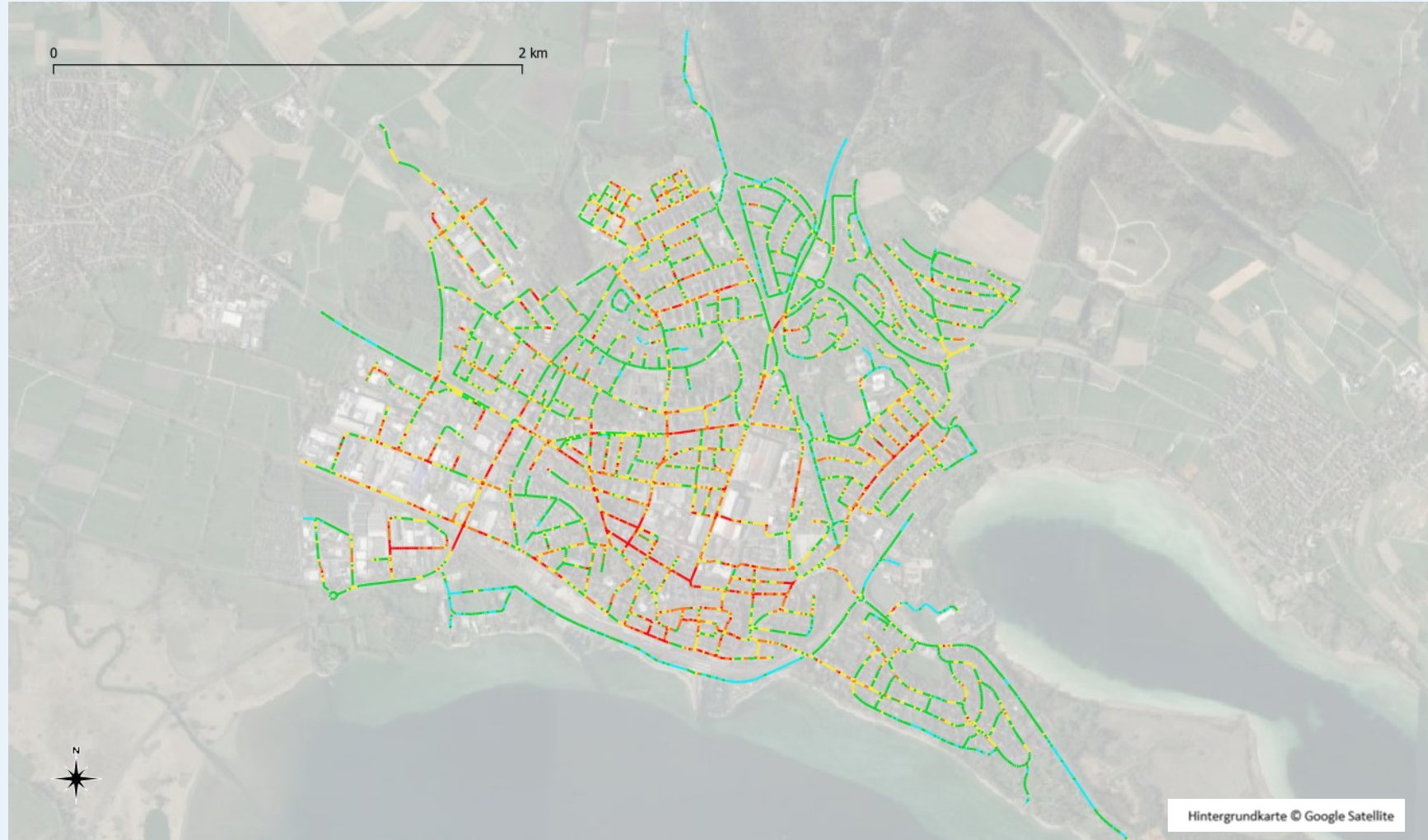
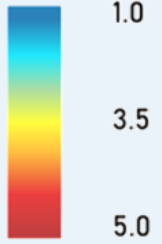
Grundkarte: Straßenkarte Dresden - Datenquelle: Landeshauptstadt Dresden

Dresden - Validierungstrecken



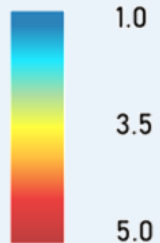
Radolfzell

Gesamtindex (Note)



Radolfzell

Gesamtindex (Note)



Gewerbeg.

Attribute	Wert
Note_Veg_niedrig	5,0
Note_Veg_mittel	5,0
Note_Veg_hoch	5,0
Note_Material	5,0
Note_Reflektanz	2,9
Note_Einstrahlung	4,8
Note_Gesamt	4,6

Mögliche Maßnahmen:

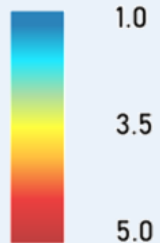
- Straßenraumbegrünung
 - Baumquartiere
 - Grünflächen
- Verschattungselemente

Karl-Wolf-Str.

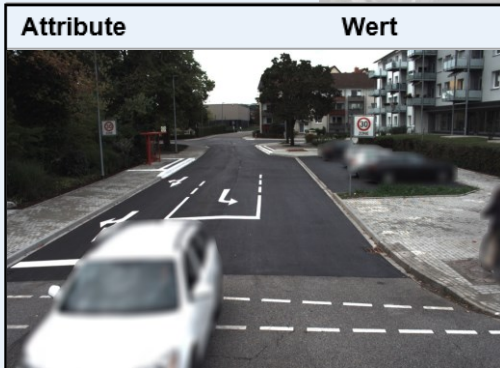
Attribute	Wert
Note_Veg_niedrig	1,0
Note_Veg_mittel	1,0
Note_Veg_hoch	1,2
Note_Material	5,0
Note_Reflektanz	1,9
Note_Einstrahlung	1,0
Note_Gesamt	1,4

Radolfzell

Gesamtindex (Note)



Meinradspl.



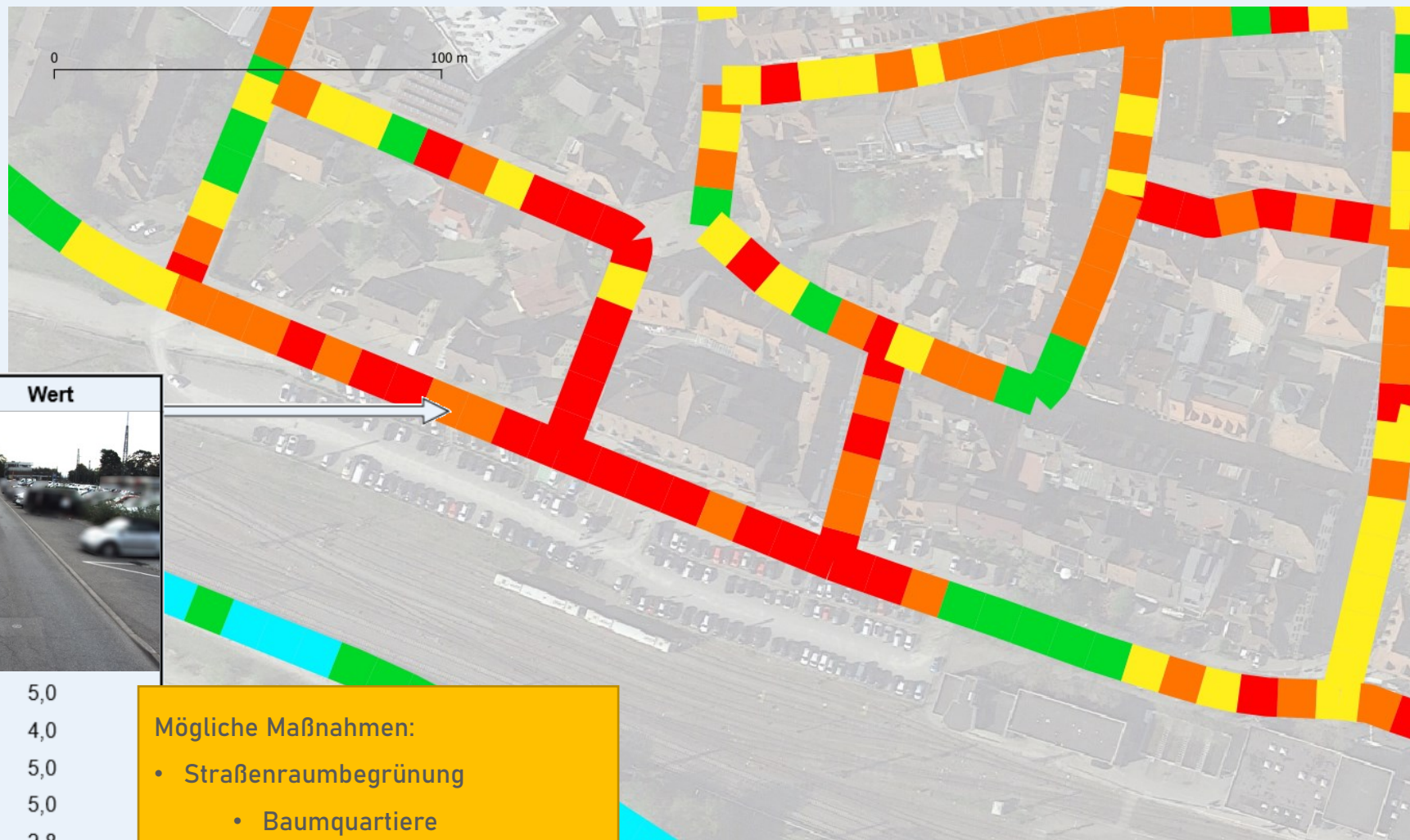
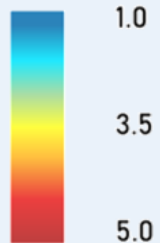
Note_Veg_niedrig	4,6
Note_Veg_mittel	4,2
Note_Veg_hoch	5,0
Note_Material	5,0
Note_Reflektanz	5,0
Note_Einstrahlung	3,2
Note_Gesamt	4,2

Mögliche Maßnahmen:

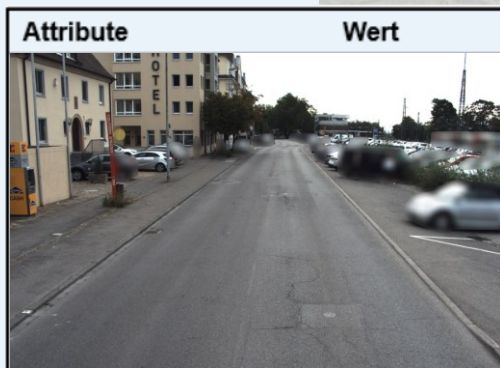
- Straßenraumbegrünung
 - Baumquartiere
 - Grünflächen
- Aufhellung (Hochdruckwasserstrahlen)

Radolfzell

Gesamtindex (Note)



P+R Bahnhof



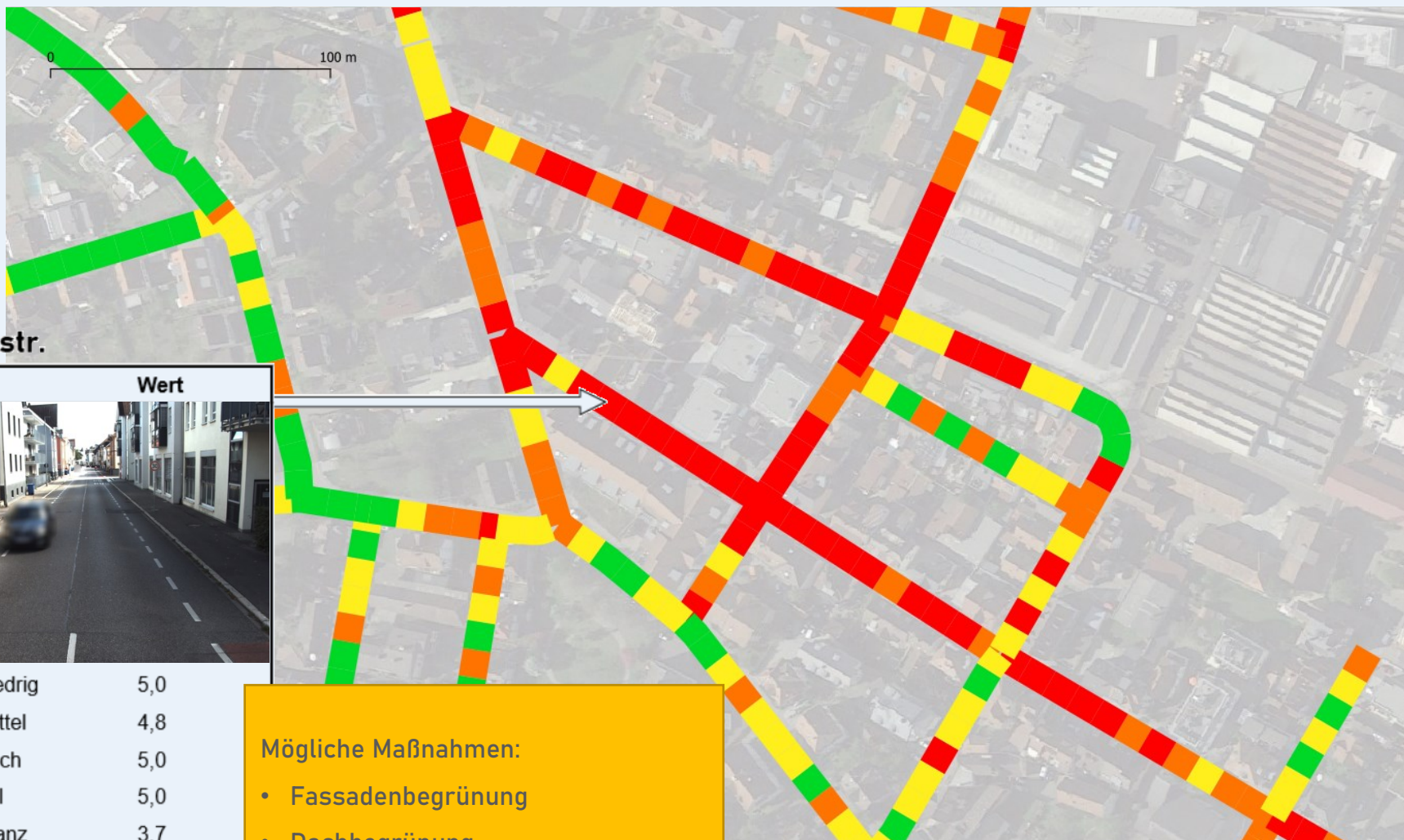
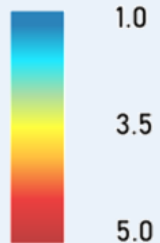
Note_Veg_niedrig	5,0
Note_Veg_mittel	4,0
Note_Veg_hoch	5,0
Note_Material	5,0
Note_Reflektanz	2,8
Note_Einstrahlung	4,8
Note_Gesamt	4,4

Mögliche Maßnahmen:

- Straßenraumbegrünung
 - Baumquartiere
 - Grünflächen
- Verschattungselemente

Radolfzell

Gesamtindex (Note)



Bismarckstr.



Attribute	Wert
Note_Veg_niedrig	5,0
Note_Veg_mittel	4,8
Note_Veg_hoch	5,0
Note_Material	5,0
Note_Reflektanz	3,7
Note_Einstrahlung	1,8
Note_Gesamt	4,2

- Mögliche Maßnahmen:
- Fassadenbegrünung
 - Dachbegrünung
 - (Aufhellung)

Fazit und Ausblick

› Fazit:

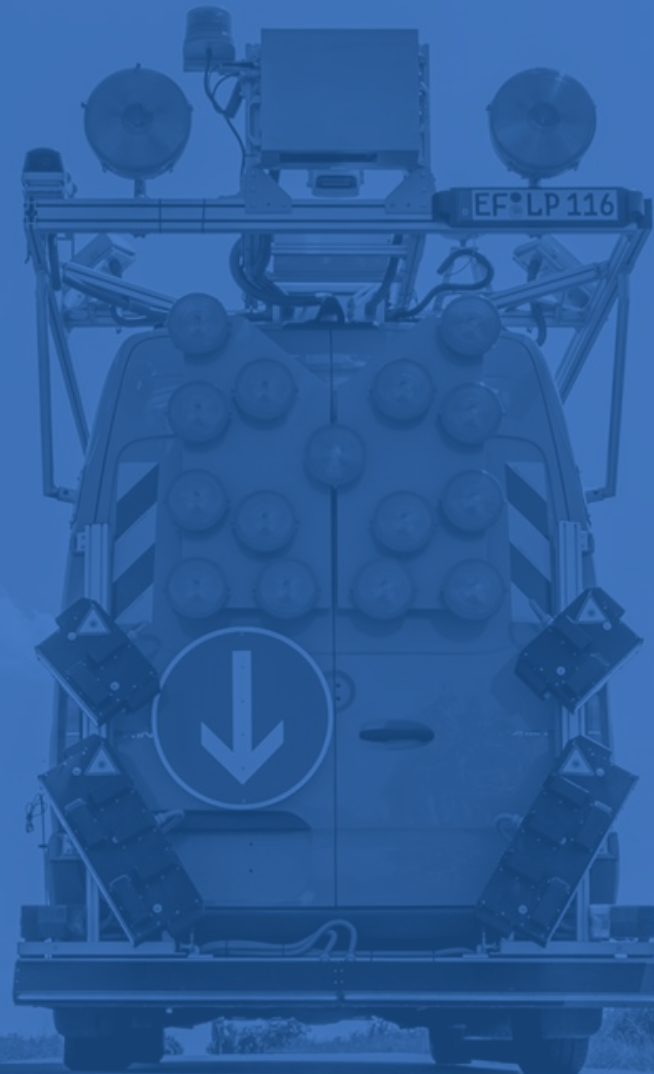
- Hochauflösende Mobile Mapping Daten zur automatischen Kartierung und Bewertung von UHI-Risikobereichen im Straßennetz geeignet
- Aussagekraft des UHI-Risikoindikators in ersten kommunalen Kooperationen bestätigt
- Gezielte Empfehlungen für Klimaanpassungsmaßnahmen im Straßenraum möglich

› Ausblick:

- Weiterentwicklung des KI-Modells (Erkennung von potenziell konvertierbaren Flächen)
- Solarpotenzialanalyse auch auf Basis I.R.I.S Daten: DOM aus 360° LiDAR Daten
- Synergien durch die integrative Betrachtung mit Ergebnissen der Straßenzustandserfassung
- Feinabstimmung des Bewertungsschemas im Rahmen kommunaler Kooperationen
- Bildung homogener Abschnitte



Dankeschön
für
Ihre Zeit und
Aufmerksamkeit



Kontakt:

Frank Schulze

schulze@lehmann-partner.de

Quellen

- Almeida, C. R. d.; Teodoro, A. C. & Goncalves, A. (2021): *Study of the Urban Heat Island (UHI) Using Remote Sensing Data/Techniques: A Systematic Review*. *Environments*, 8 (10): S. 1-39.
- ARD alpha (o. J.): *Warum es in Städten besonders heiß ist - und was dagegen hilft*. <https://www.ardalpha.de/wissen/umwelt/klima/hitze-stadt-hitzeinsel-klimawandel-sommer-nachhaltiges-bauen-extremwetter-schwammstadt-100.html>. Letzter Zugriff: 26.01.2024
- Bartholomäus, A. (2023): *Aufgehellte Deckschichten: Verbesserung des städtischen Mikroklimas? Teil 2*. In: *Straße und Autobahn*, 74 (9), 718-722. doi.org/10.53184/STA9-2023-4
- Denck, C. (2023): *Aufgehellte Deckschichten: Verbesserung des städtischen Mikroklimas? Teil 1*. *Straße und Autobahn*, 74 (9), 712-717. doi.org/10.53184/STA9-2023-3
- Rünger, C., Sesselmann, M., Naber, T. & A. Großmann (2024): *KI-gestützte Kartierung und Bewertung überwärmungsgefährdeter Bereiche im städtischen Straßennetz basierend auf Mobile Mapping Daten*. Oldenburger 3D-Tage (Tagungsband). Wichmann Verlag - *to be published*.
- Schrempp, K. (2024): *Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs zur Eindämmung von Urban Heat Islands*. Masterthesis. Hochschule Konstanz. Fakultät Bauingenieurwesen.
- Taha, H. (1997): *Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat*. *Energy and Buildings*, 25 (2): S. 99-103.