
KI-gestützte Kartierung und Bewertung überwärmungsgefährdeter Bereiche im städtischen Straßennetz basierend auf Mobile Mapping Daten

Carolin Rünger

Maximilian Sesselmann



Oldenburger 3D-Tage

31.01.2024

Städtische Wärmeinseln

› Urban Heat Island Effect

- Vielfältige Einflussfaktoren und komplexe Wirkungszusammenhänge
- Auswirkungen: Gefährdung der menschlichen Gesundheit, Produktion von Emissionen etc. [Landeshauptstadt Stuttgart, o. J. b]
- Potenziell umsetzbare Klimaanpassungskonzepte für den urbanen Raum [vgl. Denck 2023]

Konzept	Anpassungsmaßnahme	Beispiel	Reduktion von Hitzetagen [%] Mittel (Maximal)
Weiße Stadt	Verdoppelung Dachalbedo	helle Dachziegel	29 (32)
	Verdoppelung Wandalbedo	helle Fassadenanstriche	18 (24)
	Verdoppelung Straßenalbedo	Helle und verdunstungsfördernde Straßenbeläge	16 (26)
Grüne Stadt	Flächenentsiegelung	Rasenflächen anstelle von Asphaltflächen	17 (20)
	Dachbegrünung	Rasenflächen und Bepflanzungen auf Flach- und Schrägdächern	22 (28)
	Vegetation im öffentl. Raum	Baumpflanzungen	15 (30)

Städtische Wärmeinseln

› Urban Heat Island Effect

- Vielfältige Einflussfaktoren und komplexe Wirkungszusammenhänge
- Auswirkungen: Gefährdung der menschlichen Gesundheit, Produktion von Emissionen etc. [Landeshauptstadt Stuttgart, o. J. b]
- Potenziell umsetzbare Klimaanpassungskonzepte für den urbanen Raum [vgl. Denck 2023]

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

[vgl. Bartholomäus 2023; Denck 2023]

Identifikation von UHI-Risikobereichen

- › Nutzung unserer Mobile Mapping Daten, um UHI-Risikobereiche im Straßenraum zu lokalisieren
- › Räumliche Auflösung von klassischen Modellierungen des Stadtklimas oftmals zu gering, um detailliert den Straßenraum abzubilden

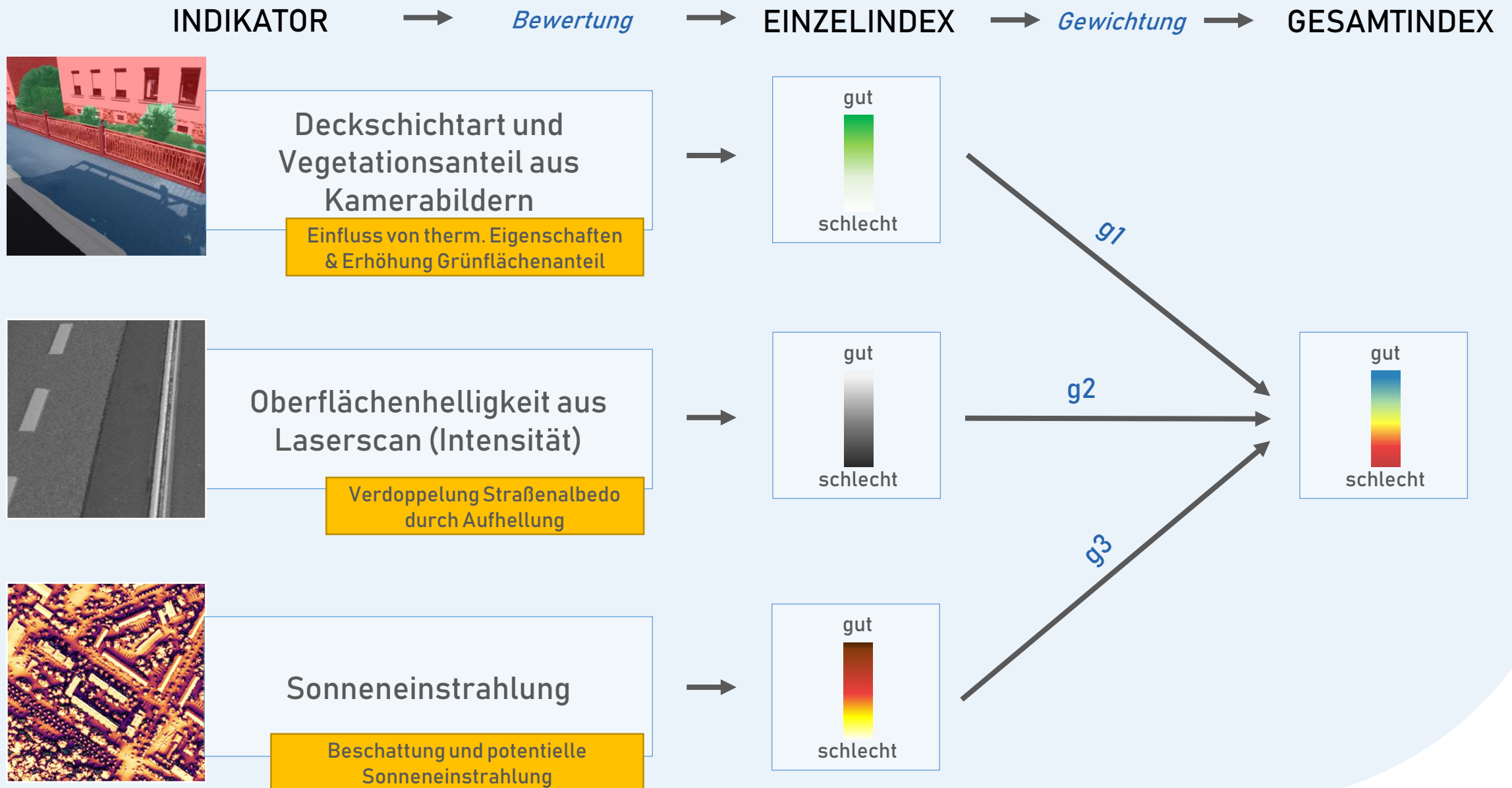
Unser Beitrag:

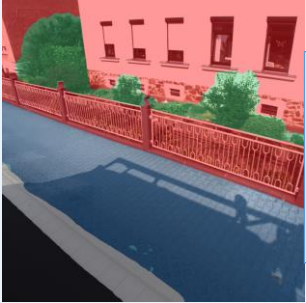
- Lokalisierung von überwärmungsgefährdeten Straßenbereichen
- Maßnahmenorientierte Bewertung (siehe weiße & grüne Stadt)
- Unterstützung der Kommunen in Hinblick auf Klimaresilienz

Mobile Mapping System I.R.I.S 13





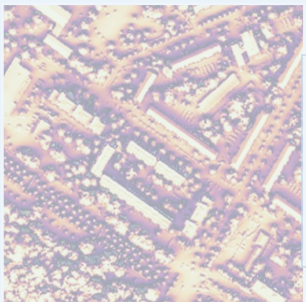




Deckschichtart und Vegetationsanteil aus Kamerabildern



Oberflächenhelligkeit aus Laserscan (Intensität)



Solaranalyse auf DOM

Semantische Bildsegmentierung

- › Datengrundlage: Georeferenzierte Kamerabilder des Mobile Mapping Systems I.R.I.S
 - Fotos alle 5 m aus 4 Perspektiven
- › Verwendung des DeepLabv3+ Modells
 - Trainieren des Modells mit eigenem Datensatz
- › Unterscheidung von Oberflächenmaterialien und Erkennung von Vegetation aus Kamerabildern
 - Deckschichtarten: Asphalt, Betonstein-Pflaster, Naturstein-Pflaster, Beton, unbefestigte Oberflächen (Schotter)
 - Vegetation: niedrige / mittlere / hohe Vegetation, Baumstämme

- 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

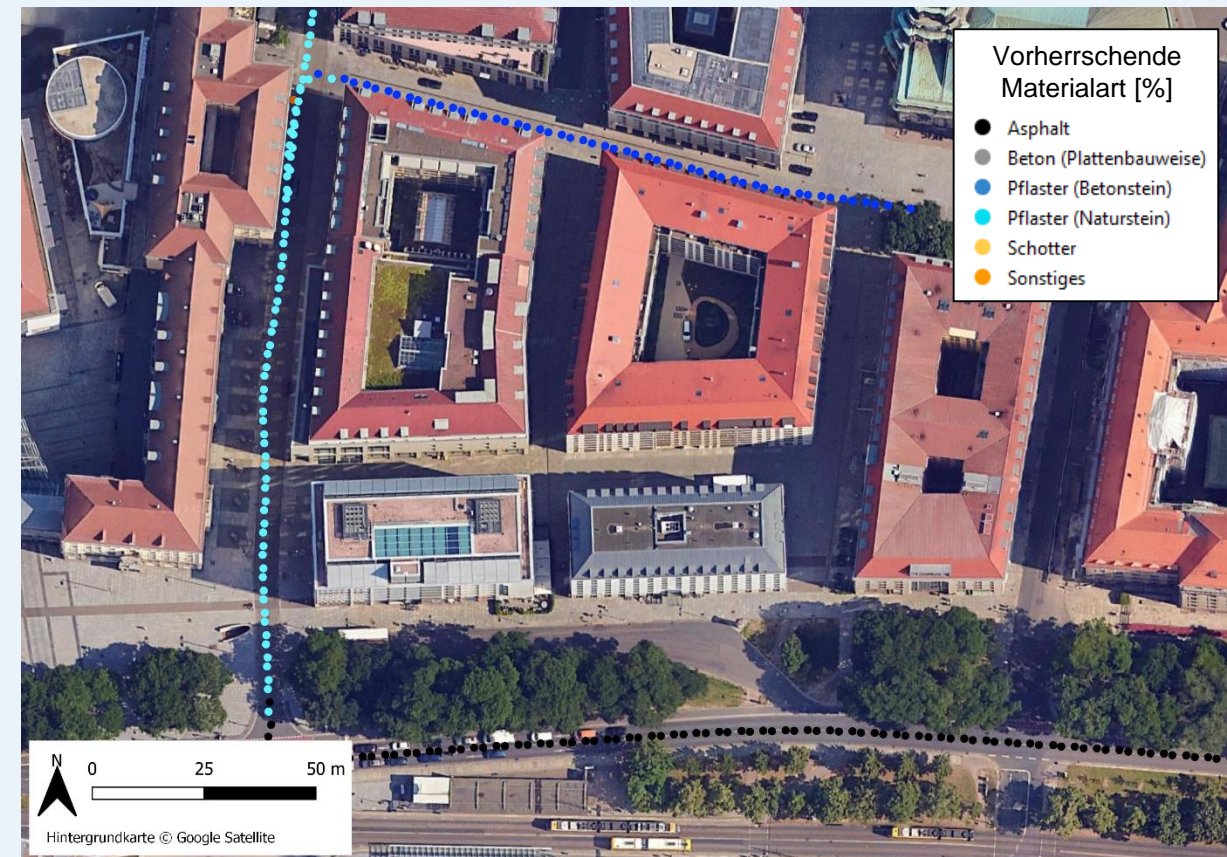
- Asphalt
- Pflaster (Betonstein)
- Pflaster (Naturstein)
- Beton (Plattenbauweise)
- Unbefestigt (Erde, Schotter, Kies, Laub)
- Niedrige Vegetation (Gras)
- Mittelhohe Vegetation (Büsche, Hecken)
- Hohe Vegetation (Baumkronen)
- Baumstamm
- Gebäude/Mauern/Zäune
- Einbauten / sonstige Objekte

Georeferenzierung der KI-Ergebnisse

Seitenkamerabilder: Bestimmung des Vegetationsanteils



Front- & Heckkamerabilder: Bestimmung der vorherrschenden Materialart

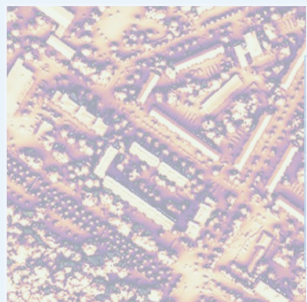




Deckschichtart und
Vegetationsanteil aus
Kamerabildern



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)

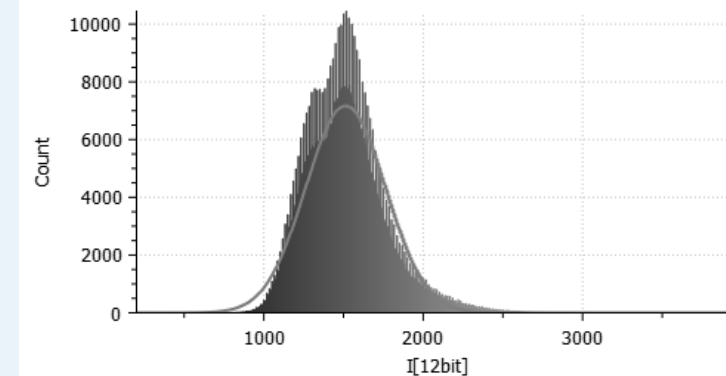


LiDAR Reflexionsintensität als Indikator für die Oberflächenhelligkeit

- › Typische Fahrbahnoberflächen kommunaler Straßen liegen in einem Wertebereich von ca. 1500 – 2500 (Mittel über 10 m Laserscan)
 - Beton auf Autobahnen: ~ 3200



Gauss: mean = 1513.559814 / std.dev. = 249.499069 [1186 classes]

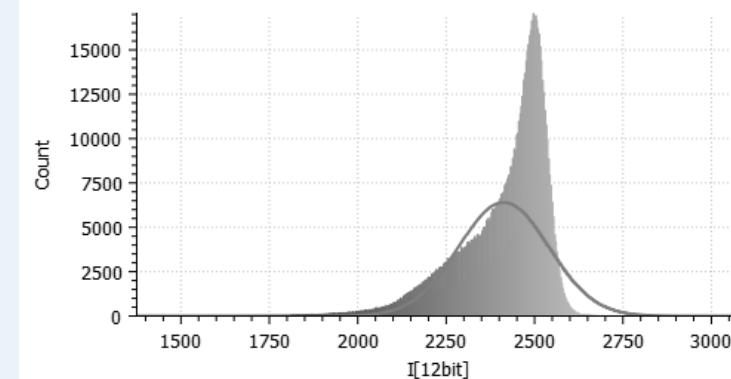


LiDAR Reflexionsintensität als Indikator für die Oberflächenhelligkeit

- › Typische Fahrbahnoberflächen kommunaler Straßen liegen in einem Wertebereich von ca. 1500 – 2500 (Mittel über 10 m Laserscan)
 - Beton auf Autobahnen: ~ 3200

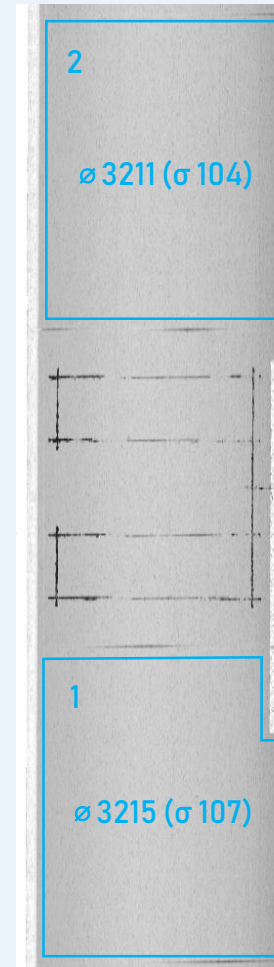


Gauss: mean = 2412.524414 / std.dev. = 127.911278 [1203 classes]

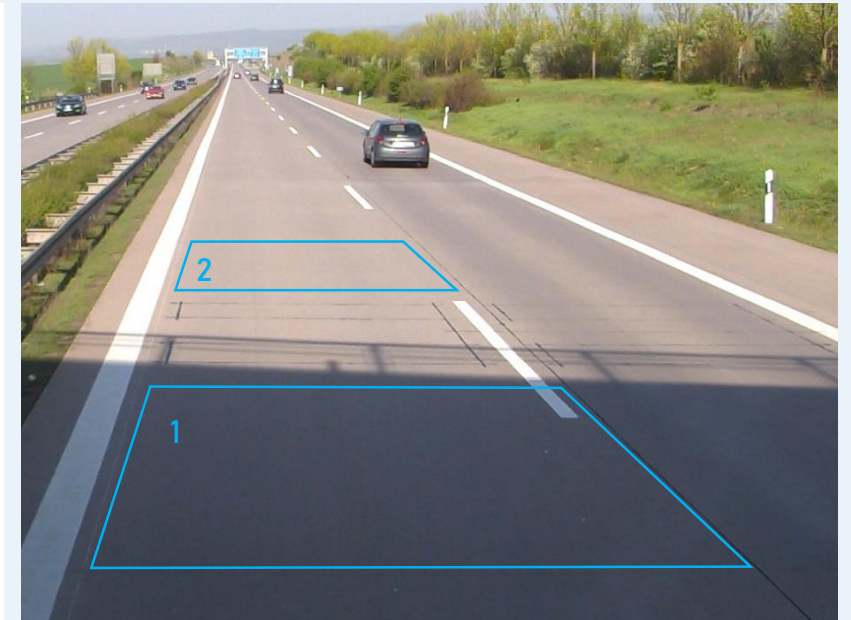


LiDAR Reflexionsintensität als Indikator für die Oberflächenhelligkeit

- › 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

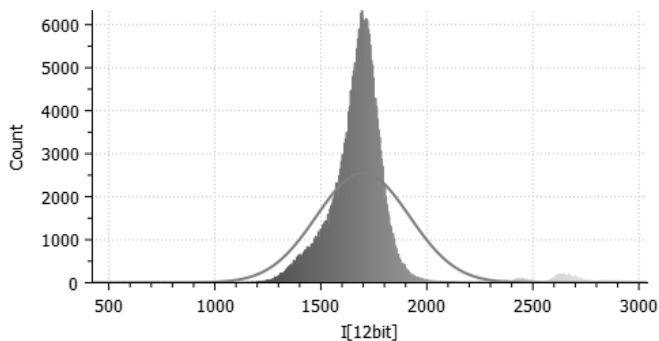


Frontkameranbild: Betonplatte mit und ohne Schatten

LiDAR Reflexionsintensität als Indikator für die Oberflächenhelligkeit

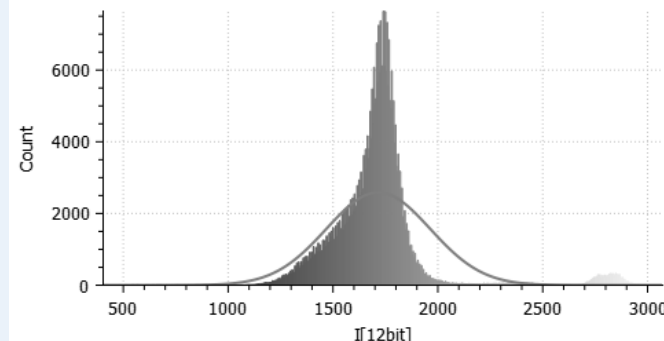
- › Typische Fahrbahnoberflächen kommunaler Straßen liegen in einem Wertebereich von ca. 1500 – 2500 (Mittel über 10 m Laserscan)
 - Beton auf Autobahnen: ~ 3200
- › Schwankungen der Reflexionsintensitätswerte in Bezug auf typischen Wertebereich
 - durch Schatten: 0 – 1 %
 - über mehrere Tage: 2 – 5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

Gauss: mean = 1698.669067 / std.dev. = 218.783615 [536 classes]

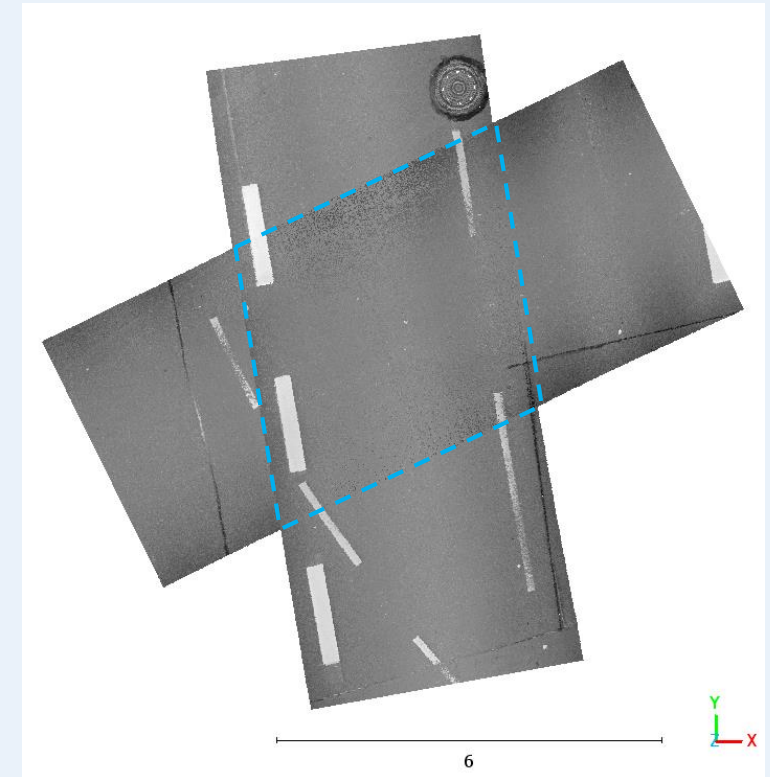


25. September 11:15 Uhr

Gauss: mean = 1715.921143 / std.dev. = 247.525406 [602 classes]

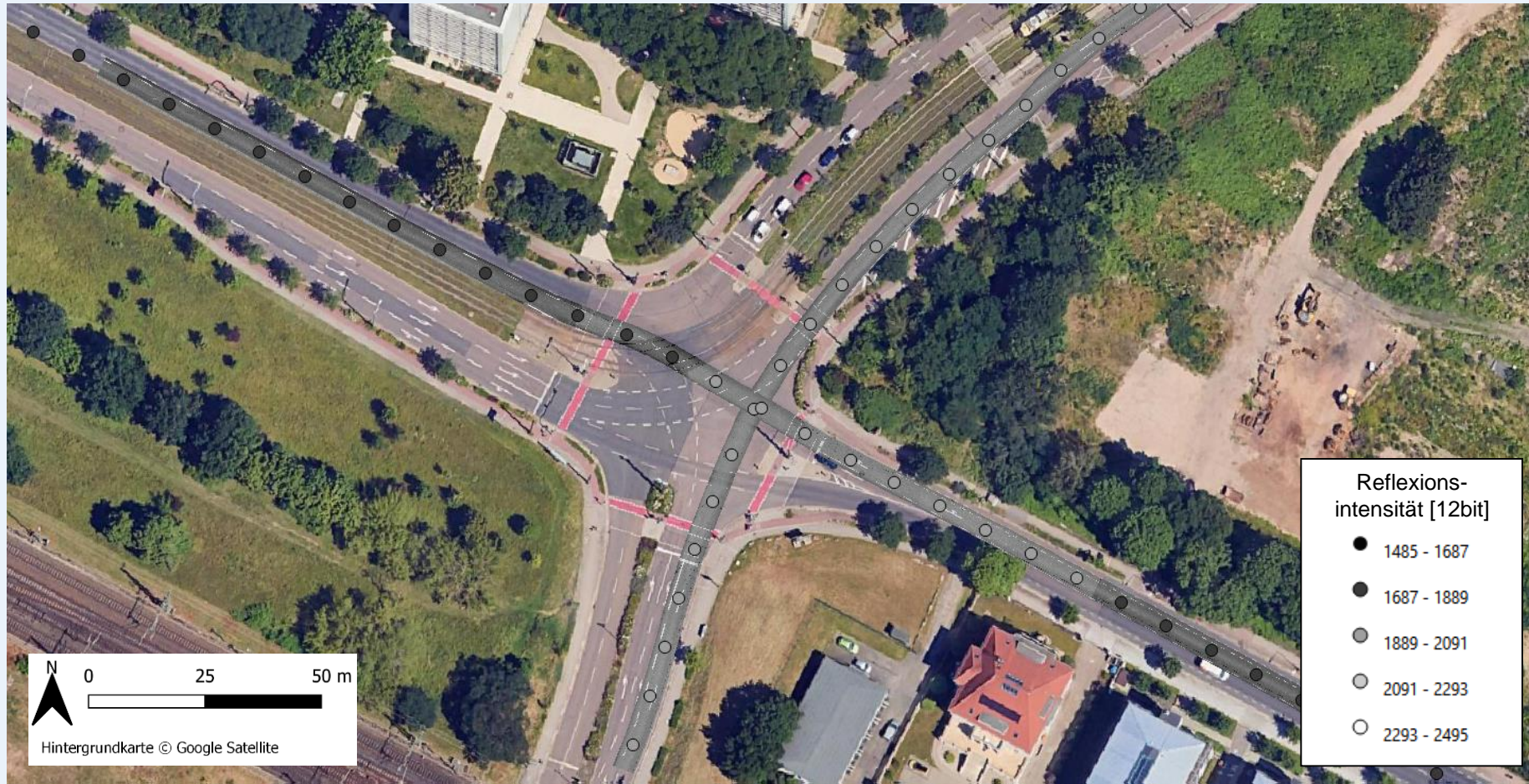


26. September 12:30 Uhr



Laserscan (Top-View): Kreuzung an aufeinanderfolgenden Tagen aus verschiedenen Richtungen aufgenommen

Berechnung des Medians der Intensitätswerte für 10 m Abschnitte

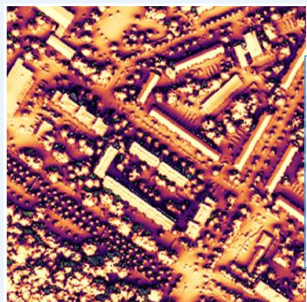




Deckschichtart und Vegetationsanteil aus Kamerabildern



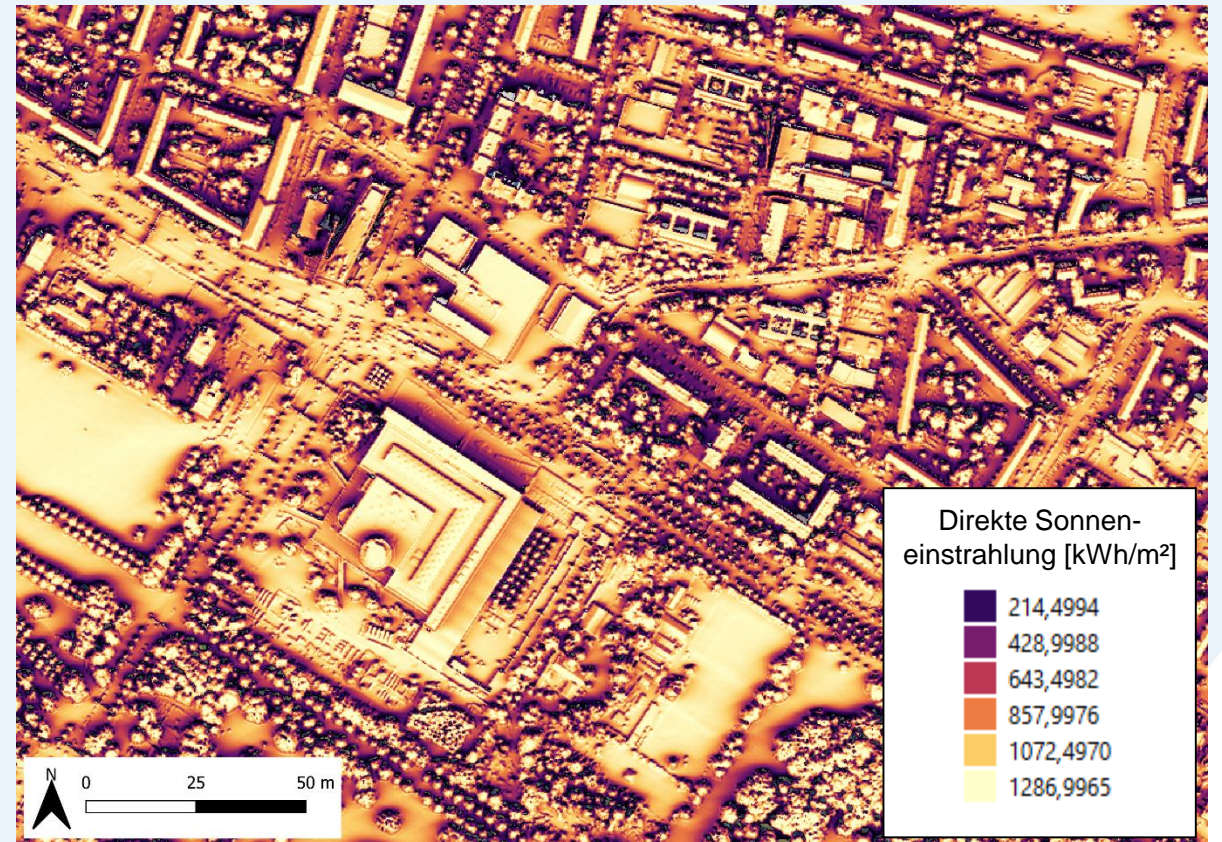
Oberflächenhelligkeit aus Laserscan (Intensität)



Sonneneinstrahlung

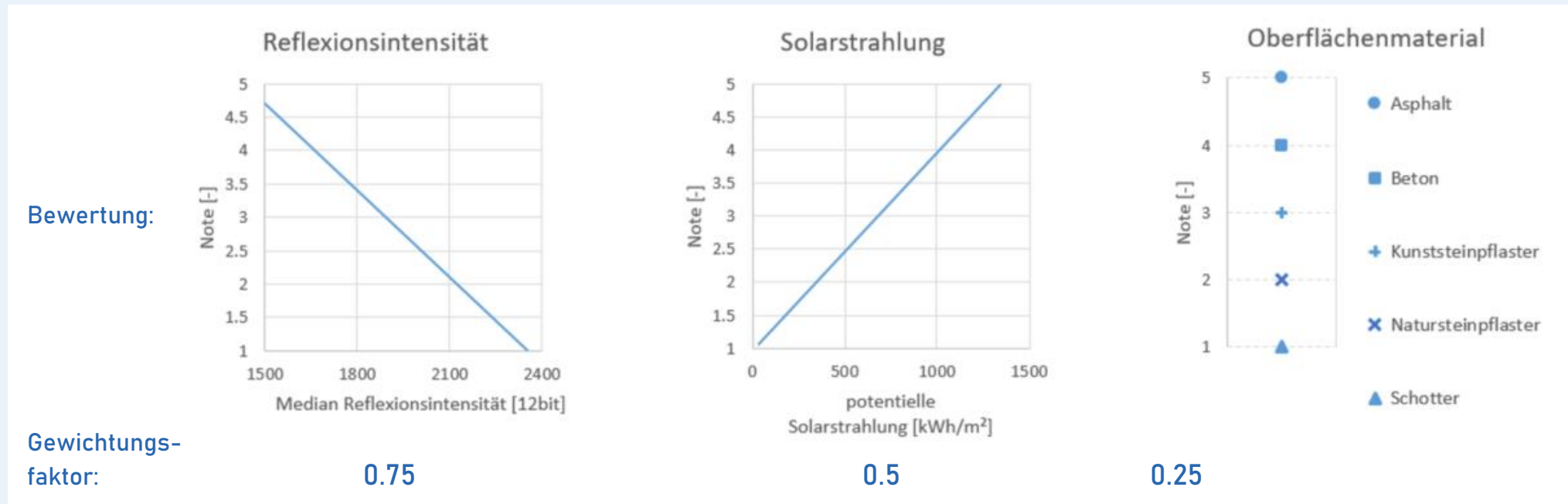
GIS-basierte Solaranalyse

- › Berechnung der direkten Sonneneinstrahlung mit SAGA-Modul Potential Incoming Solar Radiation
 - Input: DOM und Sky View Factor



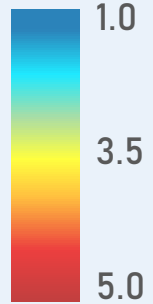
Bewertungsansatz in Anlehnung an die systematische Straßenzustandsbewertung

- › Straßennetz wird in Auswerteabschnitte gleicher Länge aufgeteilt (10 m)
- › Rohergebnisse der Indikatoren werden auf die Auswerteabschnitte projiziert
- › Bewertung mithilfe von Normierungsfunktionen (Notenschema von 1 bis 5): 3,5 zeigt Handlungsbedarf an
- › Gewichtung der Indikatoren zur Berechnung eines Gesamtindex





Gesamtindex (Note)



Altmarkt

id	9949
pps_intensity_mean	1840,0290349446382
pps_intensity_std	229,67329415573664
pps_intensity_median	1879
surf_type	Natural Stone Pavement
avg_grass	0
avg_tree_trunk	0
avg_tree_crown	0
avg_bush	0
avg_overall_vegetation	0
solar_mean	766,1924415588379
solar_stddev	282,21877905354825
solar_median	786,6629486083984
zw_refl	2,9654
zw_veg_l	5
zw_veg_m	5
zw_veg_h	5
zw_mat	2
zw_solar	3,3189888458252

Großer Garten

id	2668
pps_intensity_mean	2001,0617397066553
pps_intensity_std	214,91277669682816
pps_intensity_median	1981
surf_type	Asphalt
avg_grass	41
avg_tree_trunk	0,75
avg_tree_crown	11,75
avg_bush	4,25
avg_overall_vegetation	57,25
solar_mean	205,42378623783588
solar_stddev	153,60740580404087
solar_median	226,37024688720703
zw_refl	2,5166
zw_veg_l	2,93523599264198
zw_veg_m	3,38131163826529
zw_veg_h	3,08642357232334
zw_mat	5
zw_solar	1,63811074066162

Ausblick

- › Solarpotenzialanalyse auch auf Basis I.R.I.S 13 Daten: DOM aus 360° LiDAR
- › Verbesserung und Weiterentwicklung des KI-Modells
- › Bewertung der Indikatoren: Optimierung der Normierungsfunktionen
- › Berechnung eines Gesamtindex, der überwärmungsgefährdete Bereiche aufzeigt: Optimierung der Gewichtungsfaktoren
- › Validierung: Vergleich mit konventionellen Kartierungen von Überwärmungsgebieten (z.B. Klimafunktionskarte Dresden)

QUELLEN

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

Fraunhofer IPM (o. J.): Pavement Profile Scanner PPS. https://www.ipm.fraunhofer.de/content/dam/ipm/de/PDFs/produktblaetter/OF/BMT_Bahnmesstechnik/PPS_dt_web.pdf. Letzter Zugriff: 26.01.2024

Gilchrist, A. L. (2007): Lightness and brightness. In: Curr Biol., 17 (8): R267-9. doi: 10.1016/j.cub.2007.01.040

Hall, K.; Lindgren, B. S.; Jackson, P. (2005): Rock albedo and monitoring of thermal conditions in respect of weathering: some expected and some unexpected results. In: Earth Surf. Process. Landforms, 30, doi.org/801-811. 10.1002/esp.1189

Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie (o. J. a): Der Wärmeinseleffekt (UHI). https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_waermeinsel. Letzter Zugriff: 26.01.2024

Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Abt. Stadtklimatologie (o. J. b): Auswirkungen des Wärmeinseleffektes auf den Menschen und das tägliche Leben. https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?klima_waermeinsel_auswirkungen. Letzter Zugriff: 26.01.2024