

Monitoring von naturbasierten Lösungen für die Anpassung an den Klimawandel:

Weiterentwicklung eines Ansatzes zur satellitengestützten Gründacherkennung

Dr. Patric Brandt
Umweltbundesamt (UBA)

Dachbegrünung als Teil der Schwammstadt

Warum ist Dachbegrünung wichtig?

- Problem der städtischen Wärmeinseln
- Schwammstadtkonzept:
 - Blau-grüne Infrastruktur zur Verbesserung der Klimaresilienz von urbanen Räumen
- Begrünung von Gebäudedächern
 - Reduziert Oberflächen- und Lufttemperatur
 - Multifunktionale Ökosysteme



Abb.: Klimaresiliente Schwammstadt, © UBA 2023

Nationales DAS-Monitoring: Gründach-Indikator

Hintergrund - Motivation - Ziel

- Weiterentwicklung und Operationalisierung des bestehenden **DAS**-Gründachindikators
 - UBA ReFoPlan-Projekt: DASIF (Brockmann Consult, Uni Kiel)
- Fähigkeiten erlangen & Wissenslücken füllen:
 - Wieviel Gründächer gibt es in Deutschland?
 - Veränderung über die Zeit?
- Ziel: möglichst viele Gebäudedächer in Deutschland einbeziehen & mehrjährige Erfassung
- Verfolgter Ansatz: automatisierte Erkennung von Dachbegrünungen mithilfe hochauflösender Satellitenbilder und maschinellem Lernen

DAS = deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel

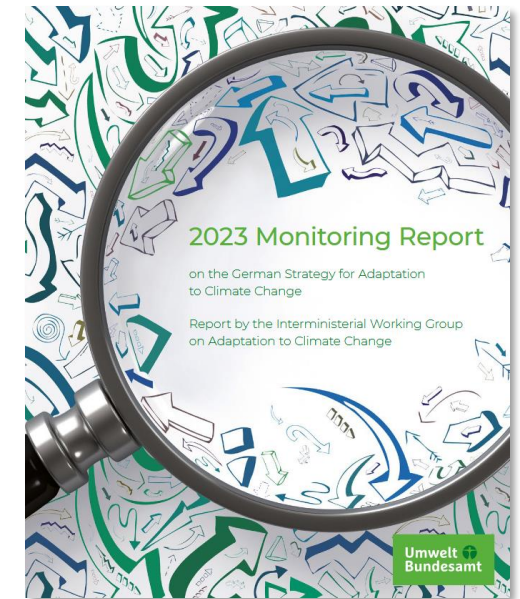
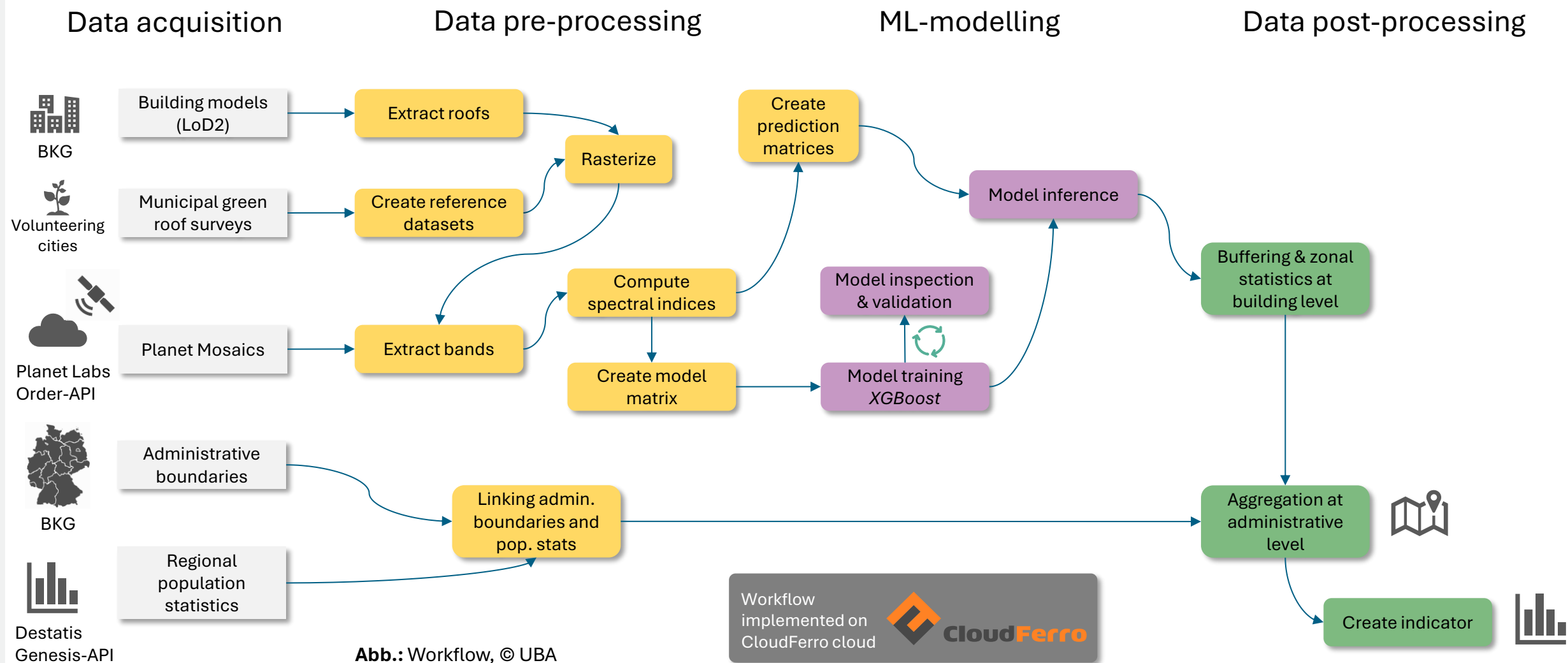


Abb.: 2023er DAS-Monitoring Report, © UBA 2023



Abb.: Dachbegrünung © Heiner / stock.adobe.com

Cloud-Workflow



Satellitenbilddaten

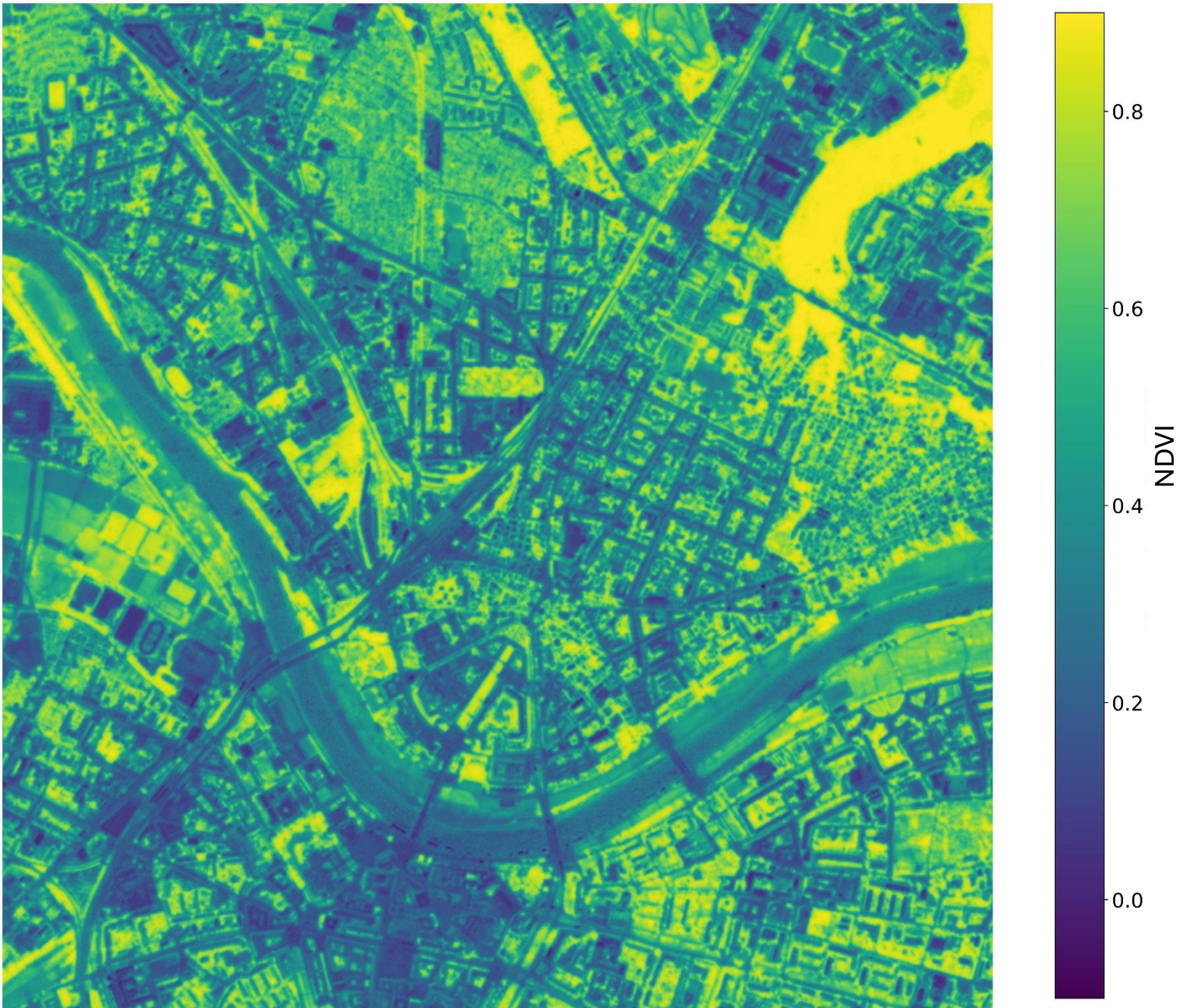
Multispektrale Planet Mosaics

- Wolkenfreie, monatliche Mosaike
- Räumliche Auflösung: 4.77 m (am Äquator)
- Multi-temporal: April, Juni, August

Tab.: Variablen für binäre Klassifikation

Typ	Variablen
Spektrale Bänder	RGB, yellow, red edge, NIR
Spektrale Indizes: <i>aktive Vegetation</i>	EVI, MSAVI2, MTVI2, NDRE, NDVI
Spektrale Indizes: <i>versiegelte Oberflächen</i>	NISI, PISI

Abb.: NDVI-Illustration für Dresden
Includes material © (2026) Planet Labs
Netherlands BV. All rights reserved.



Geodaten: Gebäudedächer

Level of Detail 2 (LoD2) Daten

- 3D Gebäudemodelle
- Extraktion von Dachgeometrien
- ca. 57M Gebäude in Deutschland
- 89k .xml Dateien pro Datensatz/Jahr
 - mehrere Datensätze nötig

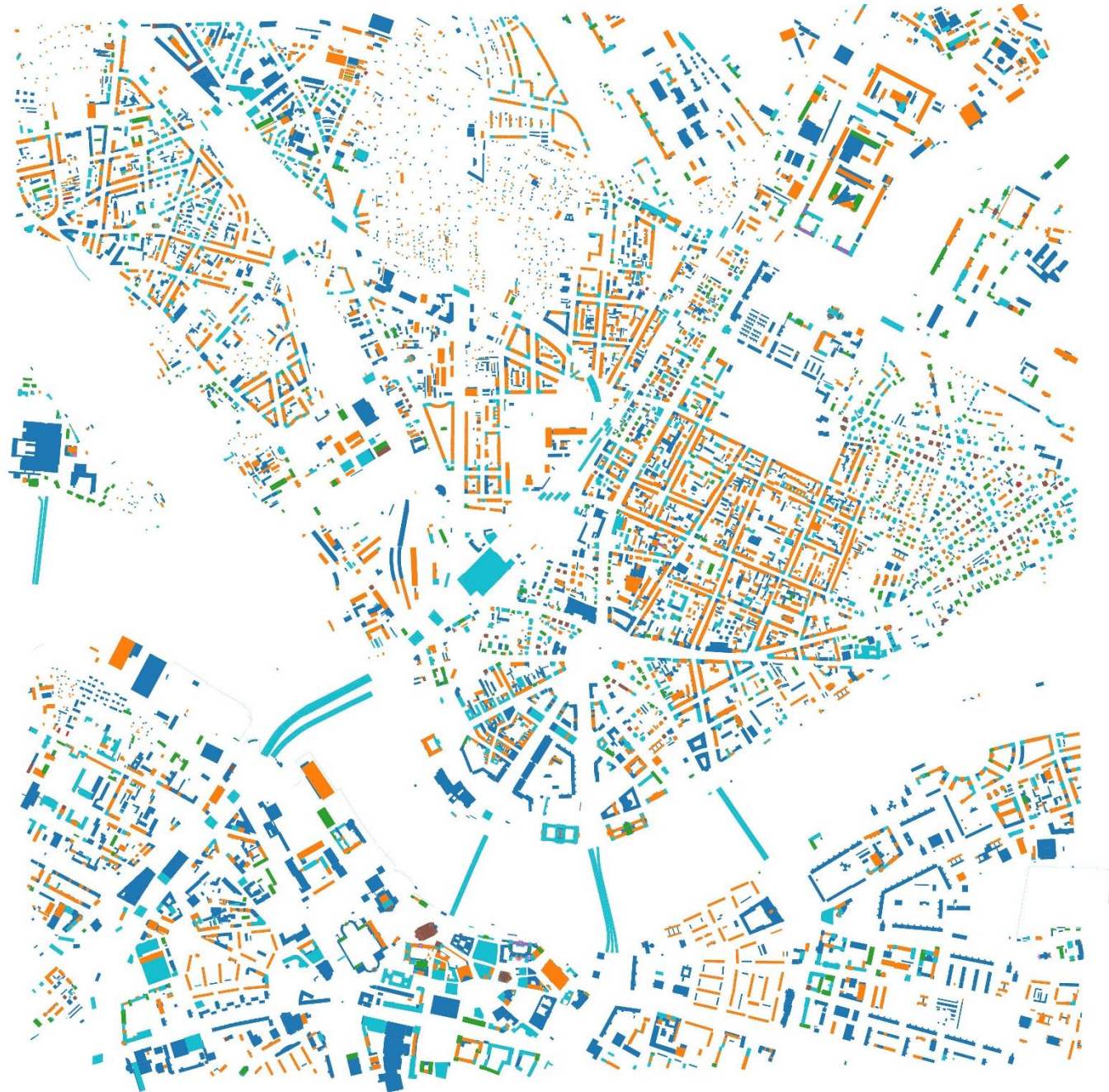
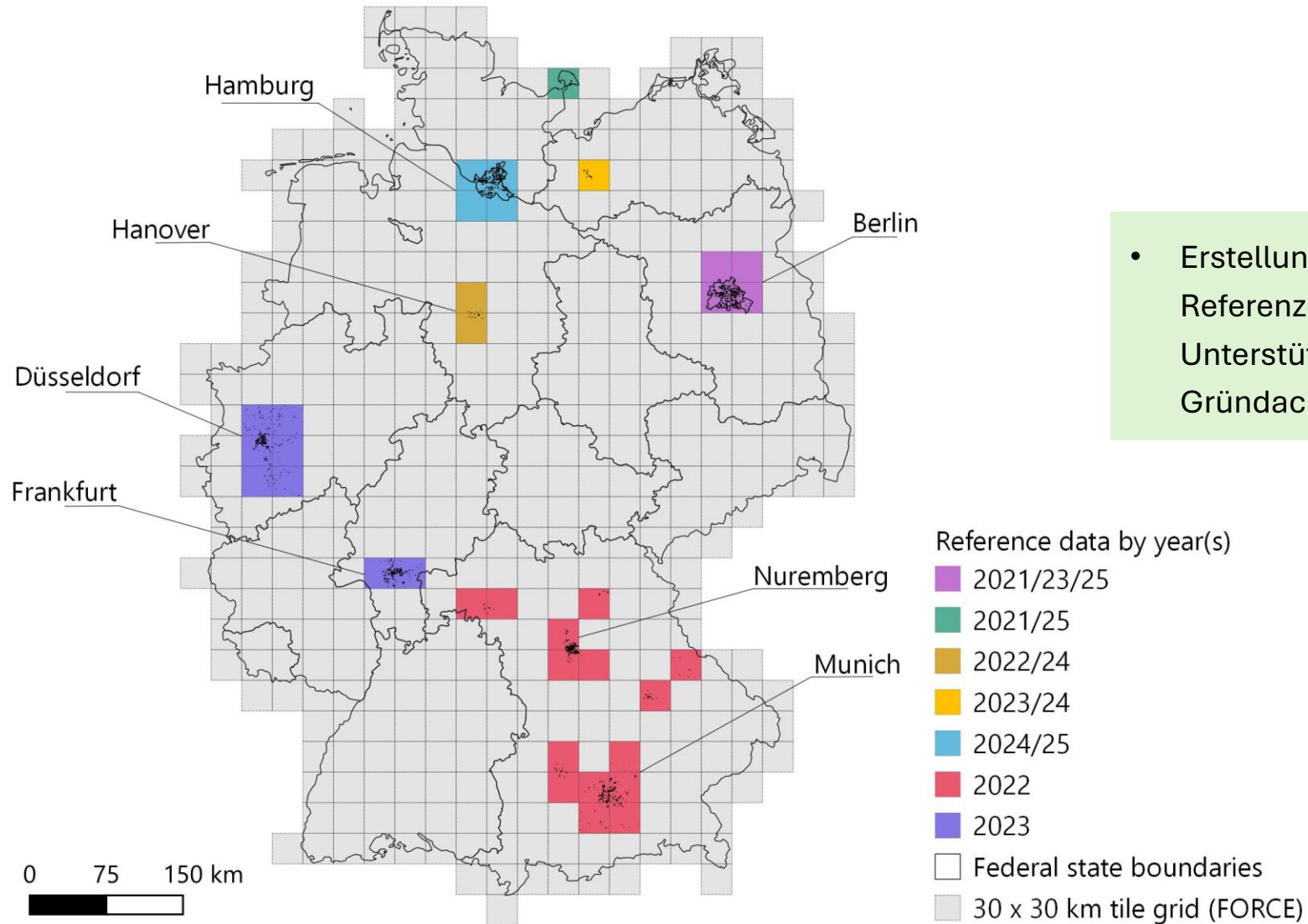


Abb.: LoD2-Illustration für Dresden
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2026)

Referenzdaten



- Erstellung eines mehrjährigen Referenzdatensatzes, z. T. mit Unterstützung von Daten aus Gründachkartierungen einzelner Städte

Abb.: Referenzdaten, © UBA
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2026)

Validierung

Ergebnisse auf Grundlage einer Kreuzvalidierung

- Basierend auf mehrjährigen Referenzdaten (2021 – 2025)

Cross-validation strategy

Stratified random split
strata: year + label class

n-repeated k-fold
(n = 50, k = 5)

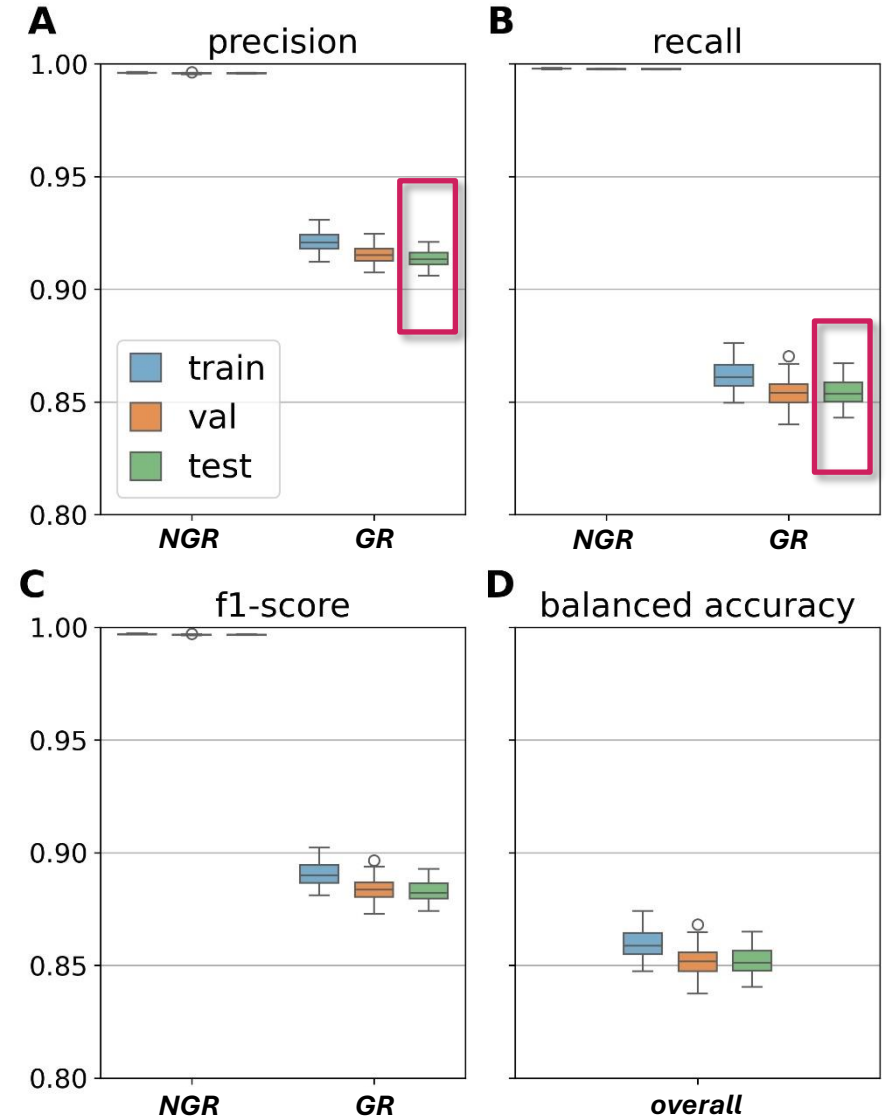
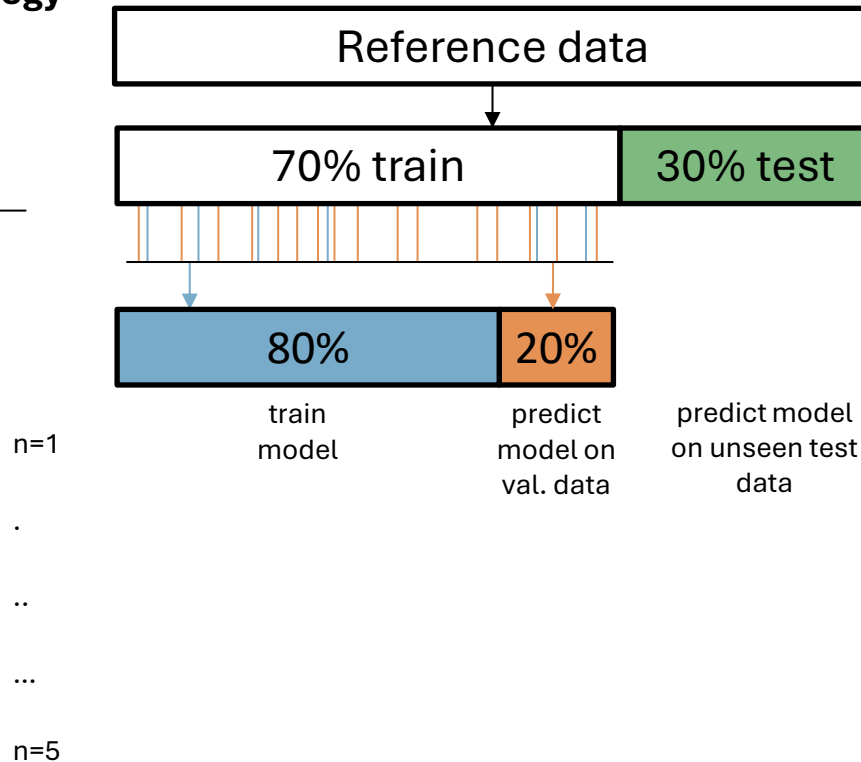


Abb.: Übersicht Validierungsmetriken. NGR = ‚non green roof‘ Klasse; GR = ‚green roof‘ Klasse, © UBA

Modellinferenz auf Pixelebene

München: Luftbild 2020 (TrueDOP)



Hamburg: Luftbild 2024 (TrueDOP)



Farblegende:



detektierte Gründachpixel 2021



detektierte Gründachpixel 2025

FORCE-Gitternetz

Hamburg:
X0062_Y0039

München:
X0066_Y0059

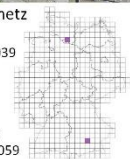
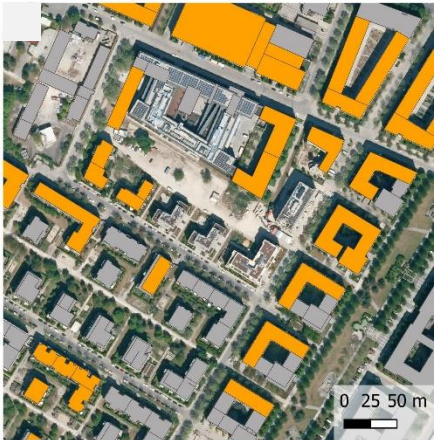


Abb.: Modellinferenz auf Pixelebene, © UBA
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2026)

Aggregation auf Gebäudeebene

München: Luftbild 2020 (TrueDOP)



Hamburg: Luftbild 2024 (TrueDOP)



Farblegende:

- detektierte Gründachpixel 2021
- detektierte Gründachpixel 2025

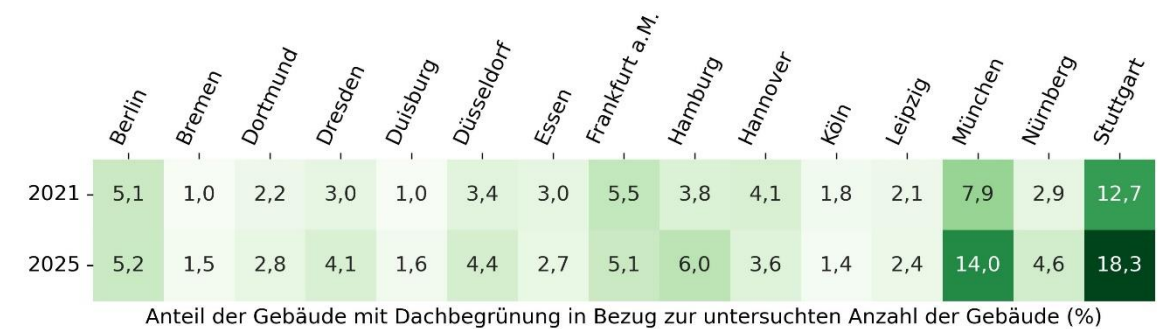


Farblegende:

- unbegrüntes Gebäudedach
 - begrüntes Gebäudedach 2021
 - begrüntes Gebäudedach 2025
- } auf Basis der Klassifikationsergebnisse
auf LoD2-Gebäudeebene aggregiert

Abb.: Modellinferenz auf Pixel- und Aggregation auf Gebäudeebene, © UBA Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2026)

Aggregation auf Verwaltungsebenen



Anteil der Gebäude mit Dachbegrünung in Bezug zur untersuchten Anzahl der Gebäude (%)

Abb.: Ergebnisse für Großstädte (Gemeindeebene) 2021 & 2025, © UBA

Aggregation auf Verwaltungsebenen

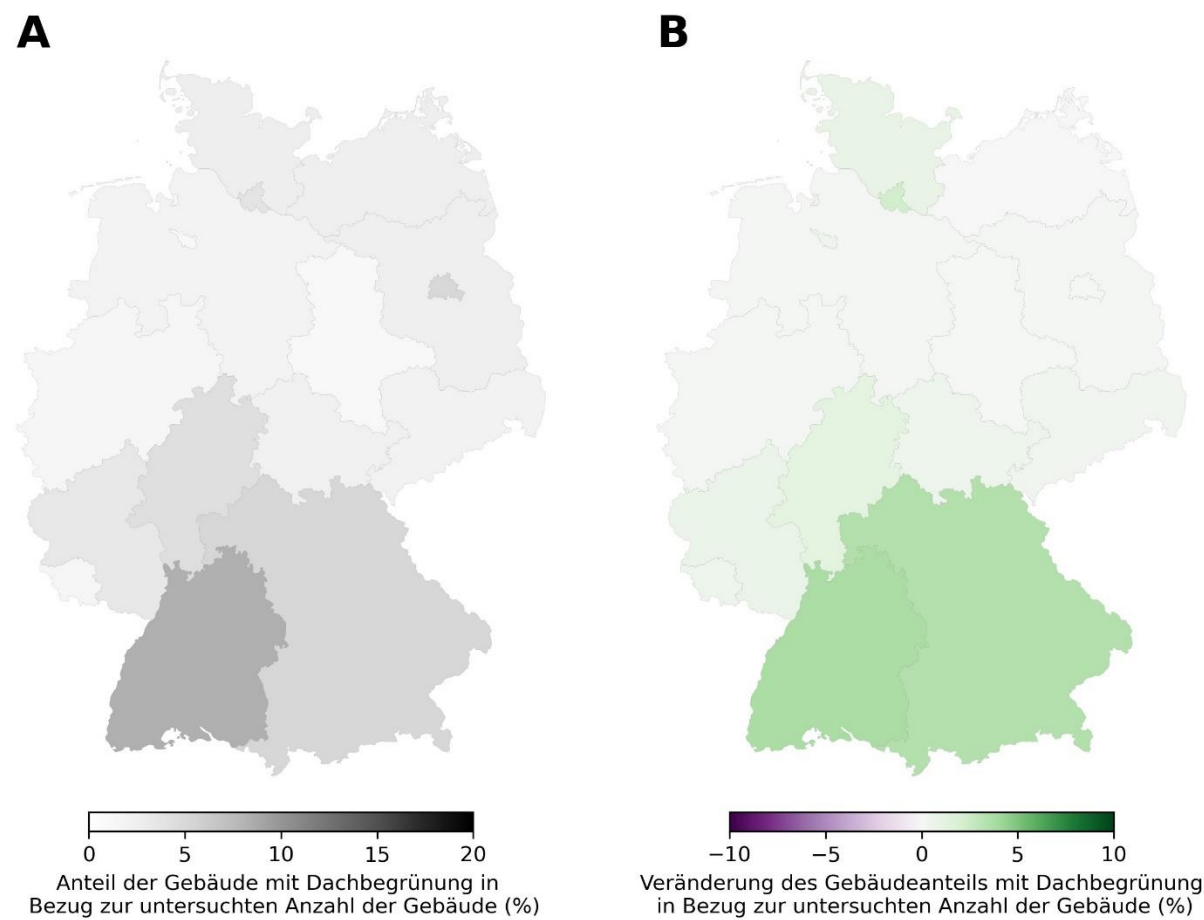


Abb.: Ergebnisse auf Bundeslandebene für A) 2021 & B) Veränderung zu 2025 auf Basis von 190 Gemeinden > 50 000 ENW, © UBA
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2026)

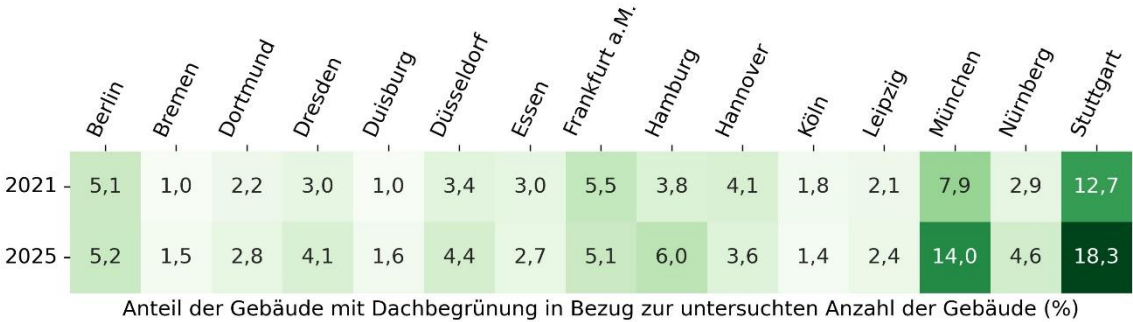


Abb.: Ergebnisse für Großstädte (Gemeindeebene) 2021 & 2025, © UBA

Aggregation auf Verwaltungsebenen

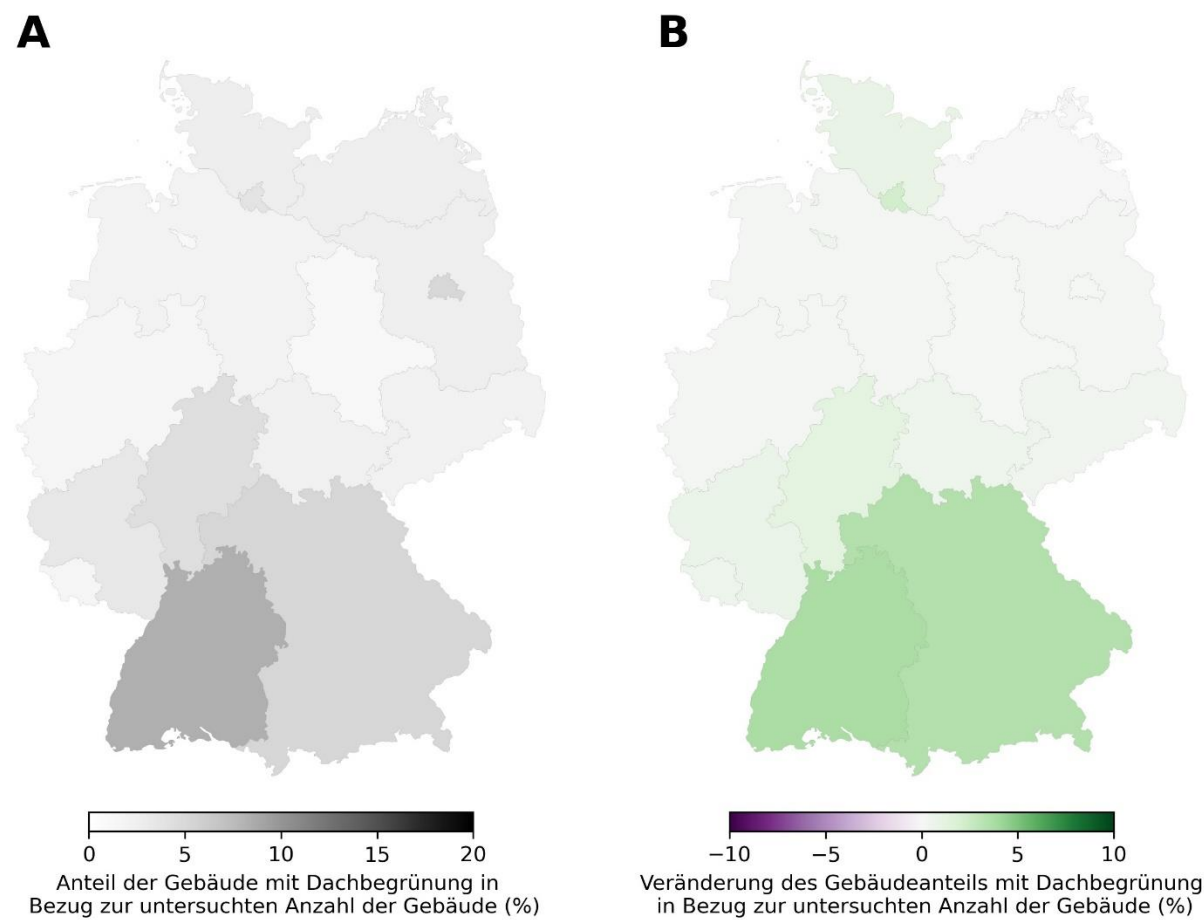


Abb.: Ergebnisse auf Bundeslandebene für A) 2021 & B) Veränderung zu 2025 auf Basis von 190 Gemeinden > 50 000 ENW, © UBA
Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2026)

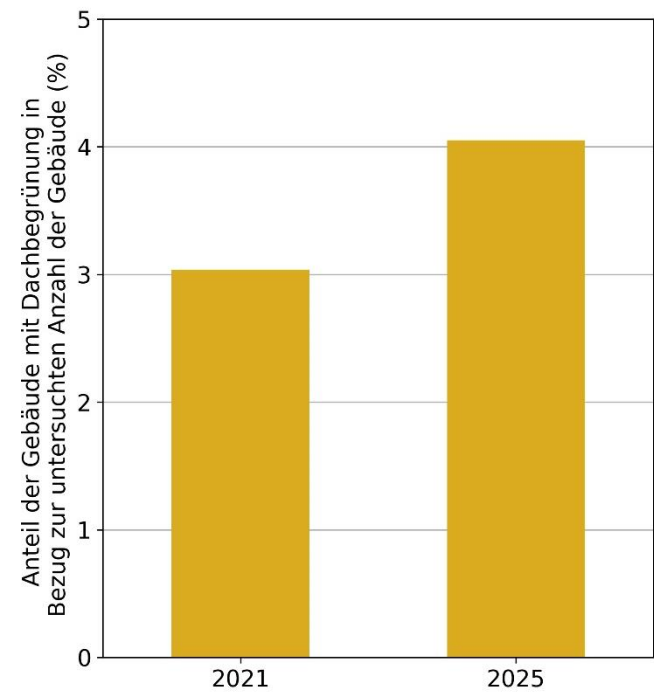


Abb.: Ergebnisse auf nationaler Ebene für 2021 & 2025 auf Basis von 190 Gemeinden > 50 000 ENW, © UBA

	Berlin	Bremen	Dortmund	Dresden	Duisburg	Düsseldorf	Essen	Frankfurt a.M.	Hamburg	Hannover	Köln	Leipzig	München	Nürnberg	Stuttgart
2021	5,1	1,0	2,2	3,0	1,0	3,4	3,0	5,5	3,8	4,1	1,8	2,1	7,9	2,9	12,7
2025	5,2	1,5	2,8	4,1	1,6	4,4	2,7	5,1	6,0	3,6	1,4	2,4	14,0	4,6	18,3

Anteil der Gebäude mit Dachbegrünung in Bezug zur untersuchten Anzahl der Gebäude (%)

Abb.: Ergebnisse für Großstädte (Gemeindeebene) 2021 & 2025, © UBA

Wo stehen wir, wo geht die Reise hin?

- Machbarkeit Use Case:
 - Nutzung hochauflösender Satellitendaten zur Erkennung kleinskaliger Objekte
- Kleinere Dächer werden eher fehlerklassifiziert
- Gründe dafür:
 - Räumliche Auflösung und geometrische (Un)Genauigkeit der Bilddaten
- Fehlereinflüsse der LoD2-Daten
 - Aktualität des Gebäudebestandes

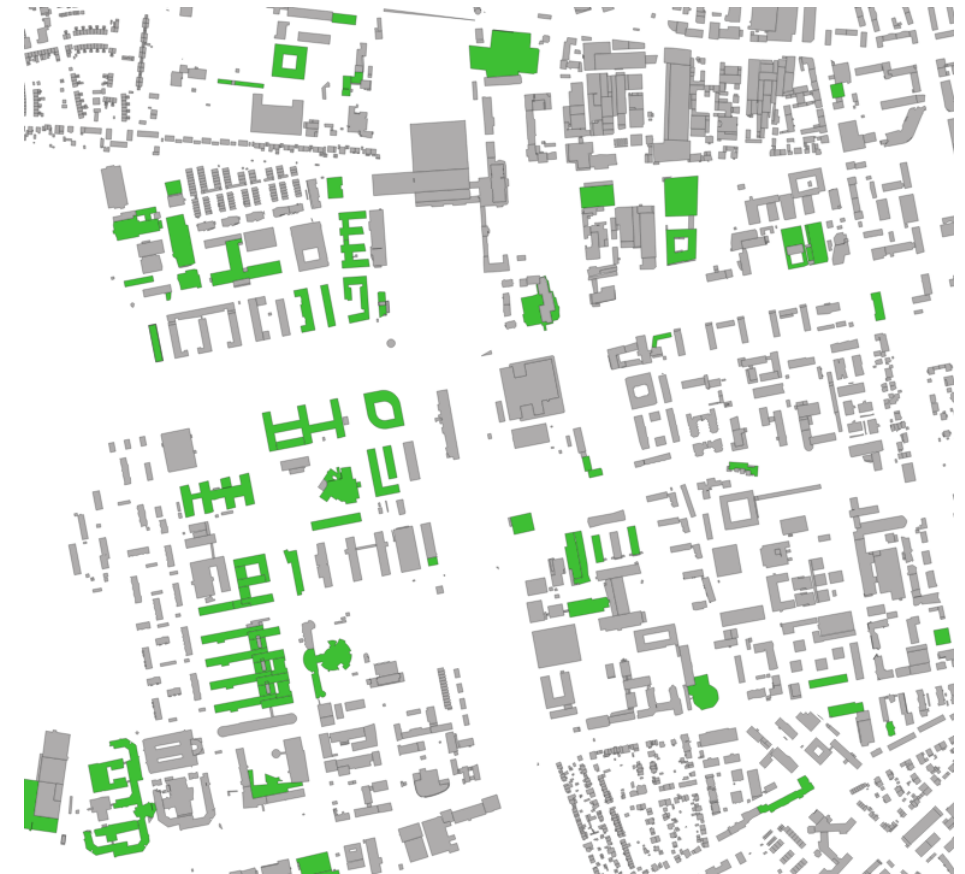
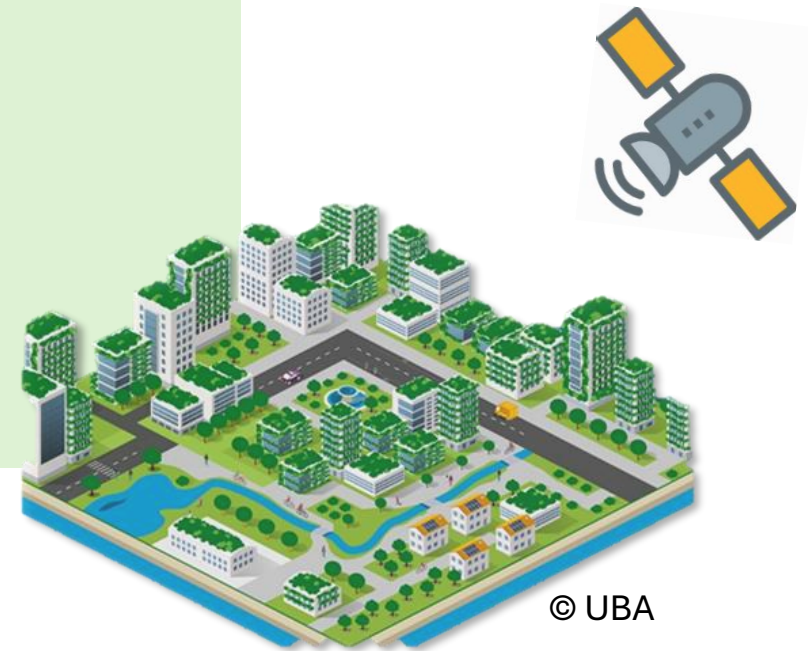


Abb.: Gründächer auf LoD2-Gebäudeebene für Darmstadt
© UBA; Geobasisdaten: © GeoBasis-DE / BKG (2026)

Wo stehen wir, **wo geht die Reise hin?**

- Neue Konstellationen mit sehr hoher räumlicher Auflösung:
 - z.B. Planet Pelican, Owl
- Pretrained Vision-Transformer auf Basis hochauflösender Bilddaten:
 - Embeddings / semantic vector space
 - Reduzierter Vorprozessierungsaufwand auf Nutzendenseite
- Gebäudeerkennung per Computer Vision:
 - z.B. TUM, LGLN
 - Schnellere Aktualisierung der LoD-Gebäudebestände?





Vielen Dank für die Aufmerksamkeit 😊

Patric Brandt, PhD

Remote Sensing Scientist

FG I 2.9 - Finanzierung, Monitoring und
Kapazitätsaufbau zu Klimawandelanpassung

Umweltbundesamt (UBA)

Tel: +49 (0)340 2103-3935

patric.brandt@uba.de

www.umweltbundesamt.de