

Bild: stock.adobe.com\_Nikolay Zaburdaev

Urbanes Grün in den Städten als vitale Vegetation

# Urbanes Grün und Stadtklima: Analyse von Vegetation in europäischen Großstädten

Urbane Regionen sind die Siedlungsräume der modernen Gesellschaft, hier leben Menschen auf relativ engem Raum in großer Zahl dicht zusammen. Die Einwohner wirtschaften, sind eng vernetzt und arbeitsteilig und nutzen ein großes Angebot an sozialen Dienstleistungen. Gleichzeitig müssen Großstädte für ihre Einwohner vitale Vegetation vorhalten, denn Bäume, Sträucher und Bodendecker sind wichtige Faktoren für das Stadtklima und damit für die Gesundheit der Einwohner. In dieser Studie wurden 30 Großstädte der EU-Kernländer Deutschland, Frankreich und Polen auf ihre Vegetation hin untersucht. Für diese Analyse wurden aktuelle Fernerkundungsbilddaten des Sentinel-2a/b verwendet.

Autoren: Prof. Dr. Matthias Möller und Klaudia Bartłomiejczak

**F**r Frankreich und Polen haben in etwa dieselbe Einwohnerdichte, in Deutschland ist die Einwohnerdichte annähernd doppelt so hoch; hier lebt die mit Abstand größte Bevölkerungszahl auf einer vergleichsweise kleinen Fläche. Die Vertei-

lung der Bevölkerung in der Fläche ist in allen drei Ländern verschieden, es kommt teils zu sehr dicht besiedelten Räumen. Die durchgeführte Analyse der Vegetation in urbanen Gebieten wurde exemplarisch an den fünf zahlenmäßig größten und den

fünf kleinsten Großstädten in den drei EU-Ländern durchgeführt.

Für die Studie wurde auf den Geodatensatz Corine CLC (Coordination of Information on the Environment – Corine Landcover 2018) zurückgegriffen, der für

die gesamte Fläche der EU inklusive der Schweiz und der Türkei die Landnutzung und Landbedeckung (engl. Land Use Land Cover – LULC) beinhaltet.

**Sentinel-2-Bilddaten und die Analyse**

Sentinel-2a/b sind Satelliten im Copernicus-Programm der ESA, die optische Bilddaten der Erdoberfläche aufzeichnen. Im VNIR (Visible Near Infrared) bieten Sentinel-2-Bilddaten eine feine geometrische Auflösung von 10 m und sind damit auch für die großmaßstäbige Erfassung urbaner Gebiete geeignet; etwa im Maßstabsbereich bis zu 1:15 000. Mit einer 12-bit-Radiometrie sind die Graustufen zudem fein abgestuft; das wiederum ermöglicht eine Trennung auch von spektral sehr ähnlichen Objekten. Alle Bilddaten sind bereits georeferenziert und mit der jeweiligen UTM-Projektion versehen. Die Sentinel-2-Bilddaten wurden über den USGS Earthexplorer (2020, Sentinel-2 [ESA], Image Courtesy of the U. S. Geological Survey) bezogen. Dann wurden alle 30 Stadtregionen aus den Bilddaten ausgeschnitten.

Im Rahmen der Analyse kam ausschließlich freie Software zum Einsatz, für die Prozessierung der Bilddaten wurde das Paket Multispec [1] und für die Analyse im GIS das Paket QGIS [2] verwendet. Im Corine-CLC-Geodatenatz wurden zunächst alle LULC-Klassen ausgewählt, die einer Nutzung als urbaner Siedlungsraum entsprechen. Dies sind nach dem Corine-CLC-Klassifikationsschema die Klassen 111 bis 142.

Hängen diese Flächen lückenlos zusammen, so wurde der Siedlungsraum über die administrativen Grenzen der Stadt hinweg definiert. Daraus ergeben sich besondere Situationen, wie an den beiden folgenden Beispielen von Chorzów und Berlin dargestellt.

Die Stadt Chorzów ist eingebettet in die Metropolregion Górnoślaski Związek Metropolitalny. Dazu zählen neben der eigentlichen Stadt Chorzów (mit 110 337 Einwohnern) im Zentrum auch große, alte Industriestädte, wie Katowice und Gliwice. Hier ist das Stadtgebiet von Chorzów vergleichsweise klein, aber die Region (entsprechend den Corine-CLC-Daten mit Klassen urbaner Nutzung) ist weit ausgedehnt. Somit resultiert hier ein Siedlungsraum mit der Ausdehnung von etwa 60 km x 30 km und einer Flächengröße von 476,58 km<sup>2</sup>.

Für Berlin ergibt sich ein zusammenhängender Siedlungsraum, der eine Größe von ca. 736,35 km<sup>2</sup> hat. Diese Siedlungsräume stellen also das für jede Großstadt hier verwendete Untersuchungsgebiet dar, das mal größer, mal kleiner, aber meist nicht identisch ist mit dem administrativen Gebiet. Im Westen Berlins sind Orte, wie etwa Falkensee, mit der Siedlungsfläche Berlins direkt verbunden, ebenso im Südwesten die Gemeinde Stahnsdorf, im Südosten ist eine Siedlungsachse nach Schönefeld, zum neuen Hauptstadtflughafen, ausgeprägt, im Nordosten reicht der zusammenhängende urbane Siedlungsraum bis nach Bernau. Große Waldflächen, wie etwa der Grunewald und auch der Berliner Stadforst Köpenick, sind hingegen expli-

zit ausgeschlossen von der Analyse; diese Gebiete – obwohl sehr wichtig für das urbane Klima und für Zwecke der Naherholung – zählten innerhalb der Studie nicht zur urbanen Vegetation des Untersuchungsgebiets von Berlin.

**Auswertung der Sentinel-2-Bilddaten**

Die Sentinel-2-Bilddaten wurden zunächst zu einem vierkanaligen Multispektralbild mit den Kanälen VNIR (Blau, Grün, Rot, nahes Infrarot (NIR)) prozessiert, danach wurde das jeweilige Untersuchungsgebiet großräumig ausgeschnitten. Aus dem resultierenden Bildausschnitt konnte dann über den Quotienten des nahen infraroten und des roten Spektralkanals der NDVI berechnet werden:

$$NDVI = (NIR - ROT) / (NIR + ROT).$$

Der NDVI hat sich als robuster Index erwiesen und bringt, auf Sentinel-2-Bilddaten angewendet, zufriedenstellende Ergebnisse. Vitale Vegetation reflektiert im NIR sehr stark, im roten Spektrum wesentlich geringer. Somit stellt der Wert des NDVI ein absolutes Maß für das Vorhandensein von Vegetation beziehungsweise von Vegetationsanteilen dar. Die aus der NDVI-Berechnung resultierenden Bilder sind im Grauwertebereich -1 bis +1 normiert.

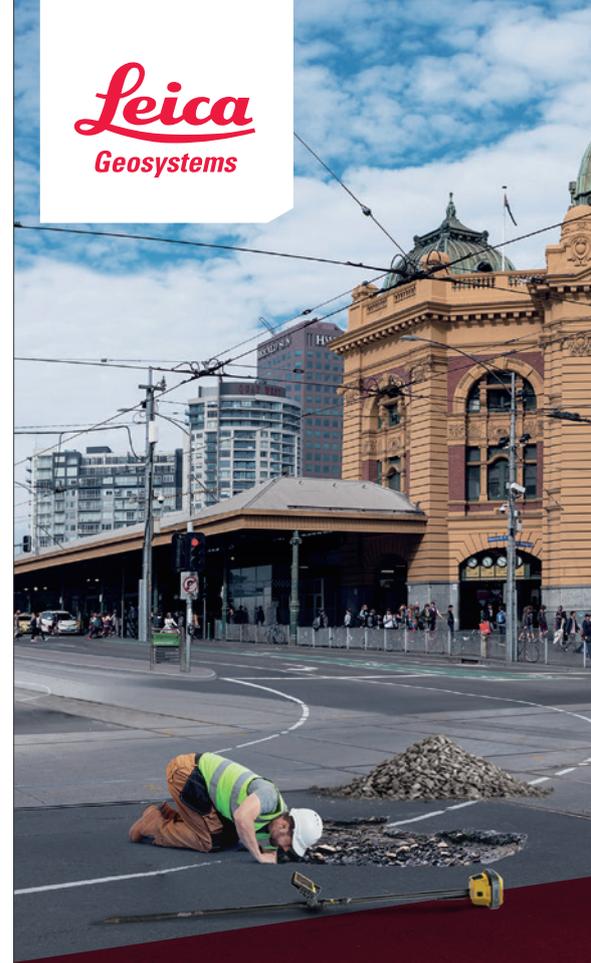
Negative Werte stehen unter anderem für Wasser, Werte um den Bereich „0“ herum für eine Bebauung oder offenen Boden und positive Werte zeigen immer einen Anteil von Vegetation; folglich gilt: je höher ein positiver NDVI, desto größer der Anteil vitaler Vegetation.

Großstadt (DE)	EW 2018
Berlin	3 613 495
Hamburg	1 830 584
München	1 456 039
Köln	1 080 394
Frankfurt a. M.	746 878
Salzgitter	104 548
Moers	103 949
Siegen	102 337
Hildesheim	101 744
Cottbus	101 036

Großstadt (FR)	EW 2016
Paris	9 803 494
Lyon	1 074 695
Marseille	893 802
Nizza	672 557
Bordeaux	642 778
Bayonne	114 029
Pau	110 214
Avignon	109 934
Troyes	105 930
Valenciennes	103 431

Großstadt (PL)	EW 2014
Warschau	1 735 442
Kraków	761 873
Lódz	706 004
Breslau	634 487
Posen	545 680
Tarnów	111 376
Chorzów	110 337
Köslin	108 605
Kalisch	103 373
Legnitz	101 343

Ausgewählte Großstädte und deren Einwohnerzahlen



Alle berechneten NDVI-Werte wurden in 20 Klassen (im Wertebereich von -1 bis 1) zusammengefasst, also gruppiert in Klassen mit einer Breite von jeweils 0,1 Wertepunkten. Für diese Klassifikation von Grauwerten hat sich das QGIS-Plug-in Slicer (Slicer 2020) als nützlich erwiesen

### Der quantitative Vergleich der Vegetation

Aus der Berechnung des NDVI wurden ausschließlich die positiv besetzten Werteklassen ausgewählt, also die zehn Klassen im Wertebereich von 0 bis 1. Für diese positiven Klassen konnten die Flächen in den Untersuchungsgebieten berechnet werden. Diese zehn Klassen stellen die reine Bebauung bzw. im Gegensatz Vegetation dar, denn die Klasse „Wasser“ wurde schon durch die Selektion der Corine-CLC-Klassen ausgeklammert.

Im nächsten Schritt wurden nun die Vegetationsanteile prozentual zur Gesamtfläche der positiv besetzten NDVI-Werteklassen berechnet. Je höher der NDVI-Wert der Klasse, desto höher ist der Vegetationsanteil und folglich desto positiver die Wirkung auf das Stadtklima. Hier fallen mit vergleichsweise wenig Vegetation die Untersuchungsgebiete Salzgitter und Cottbus in Deutschland auf, in Frankreich sind es Lyon, Marseilles und Avignon und in Polen Posen und Legnitz.

### Qualitativer Vergleich der Vegetation

In einer abschließenden Berechnung wurden die NDVI-Werte der fünf Klassen 0,5 bis 1,0 nochmals aggregiert. Die Ergebnisse zeigen einen gleichmäßigen Vegetationsanteil in den Untersuchungsgebieten in Deutschland. Polen zeigt – mit Ausnahme von Tarnów – ein ähnliches Muster. In Frankreich sind Schwankungen feststellbar. Avignon und Marseilles liegen im Süden Frankreichs und dort sind vitale Vegetationsanteile aufgrund des trockeneren Klimas weniger ausgeprägt. Interessant ist die Tatsache, dass in Hamburg mehr als dreimal so viele Vegetationsanteile vorhanden sind wie in Marseille und Avignon. Berlin als Hauptstadt hat zu Recht den Ruf als ein

„grüne Metropole“, Paris und Warschau fallen gegen Berlin deutlich ab.

Ein Ranking auf Länderebene für die Stadtregionen, bezogen auf ihre Vegetationsanteile der NDVI-Klassen 0,5 bis 1, ergibt diese Reihenfolge: Hamburg 61,4 % (352 km<sup>2</sup>), Berlin 54,5 % (401 km<sup>2</sup>), Pau 54,1 % (37 km<sup>2</sup>), Valencia 48 % (32 km<sup>2</sup>), Krakau 55,8 % (125 km<sup>2</sup>) und Chorzow 50,1 % (239 km<sup>2</sup>).

### Fazit

Aus aktuellen Bilddaten des optischen Sensors Sentinel-2a/b konnte für ausgewählte urbane Regionen der drei Länder Deutschland, Frankreich und Polen die Vegetation über den NDVI berechnet werden. In einem nächsten Schritt, und um diese Studie fortzusetzen und praktisch umzusetzen, sollte die hier vorgestellte Methode auf alle urbanen Gebiete in Europa übertragen werden. Das Ergebnis wäre ein objektiver Bewertungsmaßstab und für planende Institutionen die Geodatenbasis, gegebenenfalls ihren Vegetationsanteil durch konkrete Maßnahmen zu erhöhen und somit die Lebensqualität ihrer Einwohner zu steigern. Dies ist auch ganz im Sinn einer nachhaltigen und ökologisch ausgerichteten Stadtplanung.

### Quellen:

- [1] Multispec: [engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec](http://engineering.purdue.edu/~biehl/MultiSpec)
- [2] QGIS: [www.qgis.org/de/site](http://www.qgis.org/de/site)

### Kontakt:

Prof. Dr. Matthias Möller,  
BA Eng. Klaudia Bartłomiejczak  
Beuth-Hochschule für Technik Berlin  
E: [mmoeller@beuth-hochschule.de](mailto:mmoeller@beuth-hochschule.de)

### MEHR ERFASSEN

Zuverlässige Positionsbestimmung im Zentimeter- bis Submeter-Bereich mittels Leica GNSS

### MEHR OFFENHEIT

Anbindung an alle i/OS-, Android- und MS Windowsbasierten Smartphones/Tablets



### MEHR ROBUSTHEIT

Beständiger Schutz vor Staub und Wasser gemäß IP67 mit ergonomie- und gewichtsoptimiertem Design

### MEHR AUS EINER HAND

Hardware, Software, RTK-Dienste, Globales Service- & Support-Netzwerk

[leica-geosystems.com](http://leica-geosystems.com)

**VERNETZT.  
ROBUST.  
PRÄZISE.**