



## Flächennutzungsmonitoring XI Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün

IÖR Schriften Band 77 · 2019

ISBN: 978-3-944101-77-4

## Copernicus-Dienste für die Überwachung von Landbedeckungsänderungen in Europa

*Magdalena Steidl, Jürgen Weichselbaum, Tobias Langanke,  
Christian Schleicher*

Steidl, M.; Weichselbaum, J.; Langanke, T.; Schleicher, C. (2019): Copernicus-Dienste für die Überwachung von Landbedeckungsänderungen in Europa. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77, S. 21-28.

# Copernicus-Dienste für die Überwachung von Landbedeckungsänderungen in Europa

*Magdalena Steidl, Jürgen Weichselbaum, Tobias Langanke, Christian Schleicher*

## Zusammenfassung

Das europäische Umweltbeobachtungsprogramm Copernicus stellt freie Daten über Zustand und Veränderung der Landoberfläche, der Atmosphäre, der Ozeane und für sicherheitsrelevante Anwendungen zur Verfügung. Basierend auf Satellitendaten und bodengestützten Messnetzen wird damit eine Datenbasis geschaffen, um drängende Fragen zum Status und der Entwicklung der Umwelt in Europa zu beantworten (EEA 2015). Bereits im Jahr 2006 wurde im Rahmen des Projektes „GMES Fast Track Service Precursor on Land Monitoring“ der erste europaweite, hochauflösende Datensatz der Bodenversiegelung (High Resolution Layer (HRL) Imperviousness) von der Europäischen Umweltagentur in Auftrag gegeben und von einem Konsortium europäischer Firmen erstellt (Weichselbaum et al. 2007). Dieser Datensatz erhöht die geometrische Auflösung des in den 1990er Jahren etablierten CORINE-Land-Cover-Datensatzes um ein Vielfaches. Seit dem werden die hochauflösenden Landbedeckungsdaten im Rahmen der „Copernicus Land Monitoring Services (CLMS)“ regelmäßig aktualisiert.

## 1 Einführung

Der Datensatz der Bodenversiegelung (HRL Imperviousness) konnte Fragen in Bezug auf die Zu- bzw. Abnahme der versiegelten Flächen in Europa erstmals beantworten und wurde seit dem Jahr 2006 in einem dreijährigen Rhythmus erneuert (Gangkofner et al. 2010). Zur Erfassung weiterer bodenbezogener Faktoren wurden zusätzliche Datensätze der Bewaldung (HRL Forest) und im Jahr 2015 zwei weitere der Wasser- und Feuchtflächen (HRL Water & Wetness) und der Grünflächen (HRL Grassland) dem HRL-Portfolio hinzugefügt.

Für die Aktualisierung für das Referenzjahr 2015 wurden erstmals Copernicus-Sentinel-1- und -2-Daten verwendet. Aufgrund der damit einhergehenden höheren Auflösung und der höheren quantitativen Verfügbarkeit dieser Satellitendaten konnte die Qualität und thematische Genauigkeit erheblich verbessert werden.

## 2 High Resolution Layers für Europa

### 2.1 Eingangsdaten

Mit den HRL 2015 ist Copernicus in die Ära der multitemporalen und multisensorischen Satellitenbildverarbeitung eingetreten. Im Gegensatz zu früheren Auswertungen, die vorwiegend mono- bzw. bi-temporale Zeitpunkte für die Auswertung berücksichtigten, wurden Daten der hochauflösenden optischen Sensoren mit weitgehend ähnlichen Eigenschaften aus Copernicus-Satellitenmissionen wie Sentinel-2A und „Contributing Missions“ (HR\_IMAGE\_2015; inkl. IRS/SPOT) sowie zusätzliche Sensoren für längere Zeiträume (Landsat) eingesetzt (Tab 1). Erstmals in der kontinentalen Copernicus-Landüberwachung wurden zudem je nach thematischer Fragestellung auch hochauflösende SAR-Daten (Synthetic Aperture Radar) der Mission Sentinel-1, die 2014 gestartet wurde, europaweit genutzt. Sehr hochauflösende Satellitendaten (VHR\_IMAGE\_2015) dienen zusätzlich im Wesentlichen für die Validierung der Produkte, aber auch als Referenz zur Dichteabschätzung von versiegelten Flächen (Steidl et al. 2018; Schleicher, Weichselbaum 2016).

Tab. 1: Verwendete Erdbeobachtungsdaten bei der HRL-Produktion und -Validierung  
(Quelle: eigene Bearbeitung)

Datensatz und Quelle	Kurzbeschreibung	Mission
Hochauflösende Bilddaten (für Kartierung)		
HR_IMAGE_2015 (CSCDA)	Two high-resolution coverages of EEA39 within vegetation season 2014-2015	SPOT-5, Resourcesat-2, Sentinel-2A
DWH_MG2_CORE_01 (CSCDA)	2 Optical HR Pan EU coverages (IMAGE2012)	IRS-P6/Resourcesat-1, IRS-P6/Resourcesat-2, SPOT-4, SPOT-5, RapidEye constellation
DWH_MG2_CORE_02/ DAP_MG2-3_01 (CSCDA)	2 Optical HR Pan EU coverages each (IMAGE2009)	IRS-P6/Resourcesat-1, SPOT-4, SPOT-5
Sentinel 2A	Worldwide time-series coverage of multi spectral high resolution image data from 2014 up to now.	ESA Sentinel 2
Sentinel 1A/B	Worldwide time-series coverage of high resolution SAR data from 2015 up to now.	ESA Sentinel 1
Landsat (USGS)	Worldwide time-series coverage of multi spectral high resolution image data	Landsat-8
Sehr hochauflösende Bilddaten (für Referenzierung und Validierung)		
VHR_IMAGE_2015	very high resolution image coverage 2014-2016	Pleiades A/B, GeoEye-1, WorldView-2/-3, Deimos-2, Dubaisat-2

Referenz- und Zusatzdaten, wie bestehende LC/LU-Daten (z. B. historische HRL und CORINE Land Cover sowie Produkte aus den lokalen (hot-spot) Copernicus-Produktserien wie Urban Atlas, Riparian Zones und Natura2000, dienen als wichtige Informationsquelle für die lokale Kalibrierung und Plausibilisierung der HRL-Produkte.

Um dynamische Landbedeckungsveränderungen in Zukunft noch zuverlässiger zu erfassen, werden für die Aktualisierung der HRL auf das Referenzjahr 2018 das gesamte S1/S2-Datenarchiv in der vollen Auflösung von 10 m für die hochautomatisierten Auswertungen genutzt (Vergleich zwischen 20 m und 10 m Auflösung am Beispiel für versiegelte Flächen in Abb. 1).

Die Ergebnisse dieser Auswertung (HRL 2018) werden flächendeckend für Europa ab Frühjahr 2020 zur Verfügung stehen und mit ihrer verbesserten Qualität auch zunehmend für nationale und regionale Anwendungen interessant.

## **2.2 Technische Spezifikationen und Anwendung**

### **2.2.1 High Resolution Layer Imperviousness**

Die wichtigste Anforderung des Datensatzes zur Versiegelungsdichte ist, zuverlässige und konsistente Informationen über die zeitliche Veränderung der Versiegelung und der Versiegelungsdichte zu liefern. Auf diese Weise kann u. a. die Europäische Kommission bei der Bewertung der städtischen Entwicklungen und der Entwicklung der Wissensbasis über die ökologische Nachhaltigkeit von städtischen Gebieten unterstützt werden.

Im Allgemeinen sind bebauten Gebiete dadurch gekennzeichnet, dass die ursprüngliche natürliche Erdoberfläche durch eine künstliche, undurchlässige Landbedeckung ersetzt wird. Der Datensatz zu Bodenversiegelung bildet den Grad der Undurchlässigkeit in Prozent (0 %-100 %) ab. Dabei wird der Undurchlässigkeitsgrad durch eine automatische Klassifizierung auf der Grundlage des mithilfe einer Referenzdatenbank kalibrierten NDVI erzeugt (s. u.). Die dafür verwendete Methode setzt die inverse Korrelation zwischen Vegetationsdichte und dem Versiegelungsgrad, unter Berücksichtigung der Effekte durch offenen Boden oder Wasserflächen, voraus (Gillies et al. 2003).

Der Datensatz zu Bodenversiegelung wurde das erste Mal im Jahr 2006 von einem Konsortium europäischer Unternehmen europaweit als hochauflösender Datensatz mit einer Auflösung von 20 m und 100 m produziert. Seit 2012 werden die hochauflösenden Bodenbedeckungsdaten im Rahmen der CLMS regelmäßig aktualisiert, was eine Reproduktion des Übergangs zwischen den jeweiligen Zeitpunkten ermöglicht. Diese Veränderung zwischen zwei Zeitpunkten (meist Zunahme, selten Abnahme) steht auch jeweils als eigener Datensatz zur Verfügung.

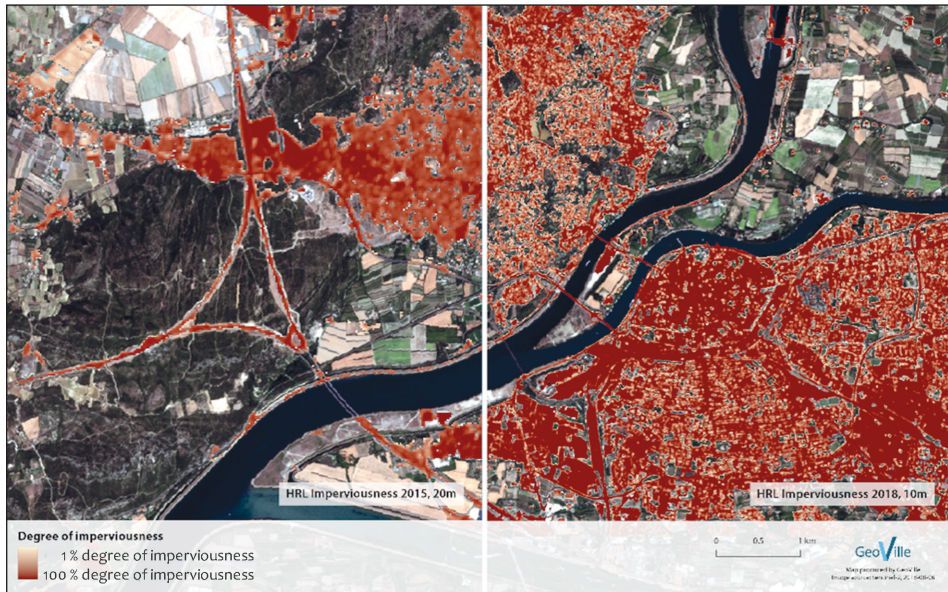


Abb. 1: Vergleich zwischen dem HRL Imperviousness 2015 mit 20 m und dem HRL Imperviousness 2018 (in Produktion) mit 10 m räumlicher Auflösung (Quelle: EEA/GeoVille)

Seit 2015 erfolgt die Ableitung des Datensatzes zur Versiegelungsdichte auf Basis einer Zeitserienanalyse in Form saisonaler Datenpakete. Um zuverlässigere Aussagen vor allem über Änderungen der Versiegelungsdichte treffen zu können, wurde eine eigene unabhängige Referenzdatenbank auf Basis von VHR-Daten erstellt, die die Grundlage für die Kalibrierung der Dichteinformation bildet.

Tab. 2: Produkte und Spezifikationen für HRL-Versiegelungsdichte (Quelle: eigene Bearbeitung)

Produkt	Verfügbare Referenzjahre	Projektion	Auflösung	Genauigkeit	Klassen
Degree of Imperviousness	2006/2009/ 2012/2015	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	90 %	Versiegelungsdichte 1-100 %
Degree of Imperviousness change	0609/0912/ 1215/0612	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	90 %	Änderung der Versiege- lungsdichte zwischen zwischen zwei Referenz- jahren in Prozent
Imperviousness change classified	0609/0912/ 1215/0612	LAEA ETRS89/ national	20 m	90 %	Änderung der Versiege- lungsdichte zwischen zwei Referenzjahren in Klassen unterteilt

### 2.2.2 High Resolution Layer Forest

Das HRL-Waldprodukt setzt sich zusammen aus Datensätzen für Waldbedeckungsdichte und Blatttypinformation (Nadel- oder Laubwald), welche in Abhängigkeit des Produktes, soweit wie möglich der FAO- (Food and Agriculture Organisation) Walddefinition entsprechen.

Der Datensatz für Wald wurde europaweit in 20 m Auflösung erstmals im Jahr 2012 als zweites Produkt neben der Versiegelungsdichte im Rahmen der CLMS produziert. Per Definition beinhaltet das Walddichteprodukt Informationen bezüglich der Baumkronendichte in Prozent (0 %-100 %) auf der Erdoberfläche und mit dem Blatttypprodukt eine Differenzierung zwischen Nadel- oder Laubwald. Seit der Produktion 2015 stammen diese Informationen aus multispektralen hochauflösenden Satellitendaten (Sentinel-2 und Landsat 8) unter Verwendung von VHR-Satellitendaten als Referenz für die Dichtebestimmung. Vergleichbar mit dem Versiegelungsprodukt bildet die Information zur Veränderung zwischen den Zeitpunkten wieder einen wesentlichen Bestandteil des Produktes.

Tab. 3: Produkte und Spezifikationen für HRL Wald (Quelle: eigene Bearbeitung)

Produkt	Verfügbare Referenzjahre	Projektion	Auflösung	Genauigkeit	Klassen
Tree cover density (TCD)	2012/2015	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	90 %	Waldbedeckungsdichte 1-100 %
Dominant Leaf Type (DLT)	2012/2015	LAEA ETRS89/ national	20 m	90 %	Dominanter Blatttyp:  Laubwald; Nadelwald
Forest Type (FTY)	2012/2015	LAEA ETRS89	20 m/100 m	-	Waldtyp: Laubwald; Nadelwald, weitgehend entsprechend der FAO Definition
Tree cover density change (TCDC)	1215	LAEA ETRS89	100 m	-	Walddichteänderung zwischen zwischen zwei Referenzjahren
Dominant Leaf Type Change (DLTC)	1215	LAEA ETRS89	20 m	-	Blatttypwechsel zwischen zwei Referenzjahren
Forest Additional Support Layer (FADSL)	2012/2015	LAEA ETRS89	20 m	-	Bäume im städtischen Kontext und Bäume, die überwiegend für landwirtschaftliche Zwecke genutzt werden.

### 2.2.3 High Resolution Layer Grassland

Auch das Grünlandprodukt setzt sich aus mehreren Layern zusammen. Im Sinne dieses Produkts wird Grünland definiert als ein von Gräsern dominierter Bereich, wobei der Anteil der Gräser mindestens 30 % beträgt und welcher auch andere nicht-hölzerne Pflanzen, wie zum Beispiel Moose, Farne und Kräuter, umfassen kann. Neben natürlichem und halbnatürlichem Grünland ist auch kultiviertes Grünland inkludiert.

Im Jahr 2015 wurde der Datensatz für Grünland europaweit mit einer Auflösung von 20 m und 100 m, basierend auf einer Zeitserie aus Satellitendaten, produziert. Neben dem Hauptdatensatz Grünland beinhaltet HRL Grünland auch Informationen bezüglich der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Grünland in Prozent (0 %-100 %) sowie einen Indikator, der die Anzahl der Jahre seit dem letzten Umbruch (Pflügen) abbildet. Der binäre Grünlanddatensatz basiert auf einer Zeitreihenanalyse von optischen und SAR-Daten (Sentinel-1/-2) aus dem Referenzjahr 2015 (+/- 1 Jahr). Historische Daten (HR\_IMAGE\_2012) wurden verwendet, um weitere Sekundärprodukte für Experten zu generieren.

Tab. 4: Produkte und Spezifikationen für HRL Grassland (Quelle: eigene Bearbeitung)

Produkt	Verfügbare Referenzjahre	Projektion	Auflösung	Genauigkeit	Klassen
Grassland Layer (GRA)	2015	LAEA ETRS89/national	20 m/100 m	85 %	Binäre Information über alle Nicht-Grasflächen und Grasige/nicht verholzte Vegetation
Grassland Vegetation Probability Index (GRAVPI)	2015	LAEA ETRS89	20 m	-	Index der die Wahrscheinlichkeit für Grünland angibt
Grassland Vegetation Probability Index (PLOUGH)	2015	LAEA ETRS89	20 m	-	Anzahl der Jahre seit dem letzten Pflügen über einen Zeitraum von 6 Jahren

### 2.2.4 High Resolution Layer Water & Wetness

In diesem Datensatz wird das Vorkommen von Wasser und der Feuchtigkeitsgrad im physikalischen Sinne angezeigt, unabhängig von der tatsächlichen Vegetationsdecke. Somit ist der HRL Water & Wetness nicht auf eine bestimmte Bodendeckungsklasse und deren relative Häufigkeit beschränkt. In dieser Form wurde der Datensatz europaweit mit einer Auflösung von 20 m und 100 m erstmalig für das Jahr 2015 produziert. Das Hauptprodukt liefert Informationen zur Landbedeckung mit permanentem Wasser, temporärem Wasser, permanenter Feuchtigkeit, temporärer Feuchtigkeit und den Trocken-



bereichen. Als zusätzliches Expertenprodukt dient ein Index, welcher die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Wasser und Feuchtigkeit anzeigt.

Die Hauptanforderung des Datensatzes zu Wasser- und Feuchtflächen ist die Erzeugung eines kombinierten Feuchtigkeits- und Wasserprodukts, das für den Zeitraum von 2009 bis 2015 Informationen über das Auftreten von Feucht- und Wasseroberflächen liefert. Um Wasser und Feuchtigkeit über einen Zeitraum von 7 Jahren kontinuierlich zu bewerten, wurden die hochauflösenden Satellitendaten von 2012 und 2009 verwendet und durch zusätzliche multitemporale (saisonale) EO-Daten von Sentinel-2 und Landsat ergänzt.

Tab. 5: Produkte und Spezifikationen für HRL Water & Wetness (Quelle: eigene Bearbeitung)

Produkt	Verfügbare Referenzjahre	Projektion	Auflösung	Genauigkeit	Klasse
Wetness/Water layer (WAW)	2015	LAEA ETRS89/ national	20 m/100 m	80-85 % (depending on the class)	Kombinierte thematische Informationen über Wasser und Feuchtflächen für den Zeitraum 2009-2015
Water and Wetness Probability index (WWPI)	2015	LAEA ETRS89	20 m	-	Auftreten von Wasser und/oder Feuchtflächen (mit gesättigter Bodenfeuchte) über einen signifikanten Zeitraum des Jahres über mehrere Jahre hinweg

### 3 Ausblick

Die Produktion der High Resolution Layers für Europa wird zurzeit im Auftrag der EEA von verschiedenen europäischen Firmen durchgeführt. Für diese Aktualisierung wird zum ersten Mal eine umfassende Zeitserienanalyse angewandt, die das gesamte Sentinel-1- und Sentinel-2-Datenarchiv der Jahre 2017 und 2018 und z. T. auch 2019 in der vollen Auflösung von 10 m für die hochautomatisierten Auswertungen nutzt, um insbesondere dynamische Landbedeckungsveränderungen noch besser zu erfassen. Die Ergebnisse dieser Auswertung (HRL 2018) werden flächendeckend für Europa ab Frühjahr 2020 zur Verfügung stehen und mit ihrer verbesserten Qualität auch zunehmend für nationale und regionale Anwendungen interessant werden. Weiterführende Informationen zu den Spezifikationen sowie der direkte Zugriff auf die Daten via Web-Interface und als physische Dateien werden über das Datenportal der Europäischen Umweltagentur angeboten (<https://land.copernicus.eu/pan-european>).



## 4 Literatur

- EEA – European Environment Agency (2015): The European Environment – State and Outlook 2015: Synthesis Report, Copenhagen.
- Gangkofner, U.; Weichselbaum, J.; Kuntz, S.; Brodsky, L.; Larsson, K.; De Pasquale, V. (2010): Update of the European High-resolution Layer of Built-up Areas and Soil Sealing 2006 with Image 2009 Data. In: 30th EARSeL Symposium 2010: Remote Sensing for Science, Education and Culture.
- Gillies, R. R.; Box, J. B.; Symanzik, J.; Rodemaker, E. J. (2003): Effects of urbanization on the aquatic fauna of the Line Creek watershed, Atlanta – a satellite perspective. In: Remote Sensing of Environment, 86: 411-422.
- Schleicher, C.; Weichselbaum, J. (2016): Copernicus Land Monitoring – hochauflösende Daten zur Bodenversiegelung in Europa. In: AGIT-Journal für Angewandte Geoinformatik, 2-2016, Salzburg.
- Steidl M.; Schleicher, C.; Weichselbaum, J. (2018): New Generation of Copernicus High Resolution Layer Imperviousness based on Time Series Analysis. 2nd Mapping Urban Areas from Space 2018. In: MUAS 2018 Conference, Frascati, Italy.
- Weichselbaum, J.; Gangkofner, U.; Hoffmann, C. (2007): GMES Fast Track Precursor delivers European high resolution information on built-up areas. In: Proceedings of Erdas User Group Meeting, Fürstenfeldbruck.