

# Cop4ALL NRW – Ableitung der Landbedeckung in Nordrhein-Westfalen mit Fernerkundung und künstlicher Intelligenz

## Cop4ALL NRW – Derivation of Land Cover in North Rhine-Westphalia with Remote Sensing and Artificial Intelligence

Stefan Sandmann | Gregor Hochgürtel | Ruben Piroska | Christian Steffens

### Zusammenfassung

Geobasis NRW hat das Fernerkundungsverfahren Cop4ALL NRW (Copernicus für ATKIS, ALKIS und Landbedeckung in NRW) entwickelt, um frei verfügbare Satellitendaten des Copernicus-Programms in die Geschäftsprozesse bei Geobasis NRW sowie bei den Katasterbehörden in Nordrhein-Westfalen (NRW) zu integrieren.

Mit Cop4ALL NRW wird automatisiert ein landesweiter, lückenloser und überschneidungsfreier Datenbestand für die Landbedeckung im AdV-Datenmodell (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland) abgeleitet. Die Klassifikation der Landbedeckung erfolgt auf Grundlage einer kombinierten Bildanalyse der Sentinel-2-Aufnahmen sowie der aktuell zur Verfügung stehenden Digitalen Orthophotos. Hierbei werden Verfahren der künstlichen Intelligenz eingesetzt. Die Fernerkundungsdaten werden in einem weiteren Verfahrensschritt ebenfalls zur Ermittlung von Veränderungshinweisen zur Aktualisierung von ALKIS (Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem) und ATKIS (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) genutzt.

**Schlüsselwörter:** Cop4ALL NRW, Landbedeckung, Veränderungshinweise, Fernerkundung, Copernicus, Neuronale Netze, Künstliche Intelligenz

### Summary

*Geobasis NRW has developed the remote sensing application Cop4ALL NRW (Copernicus for ATKIS, ALKIS and land cover in NRW) in order to integrate freely available satellite data of the Copernicus programme into the business processes at Geobasis NRW as well as at the cadastral authorities in North-Rhine-Westphalia (NRW).*

*Cop4ALL NRW automatically derives a state-wide and seamless dataset for land cover according to the AdV data model (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland). The classification of land cover is based on a combined image analysis of the Sentinel-2 images and the currently available digital orthophotos. Neural networks and artificial intelligence methods are used for this purpose. In addition, the remote sensing data are also used to determine change information for updating ALKIS (Authoritative*

*Real Estate Cadastre Information System) and ATKIS (Authoritative Topographic-Cartographic Information System).*

**Keywords:** Cop4ALL NRW, land cover, change detection, remote sensing, Copernicus, neural networks, artificial intelligence

### 1 Motivation für das Vorhaben Cop4ALL NRW

Die Motivation für das Vorhaben Cop4ALL NRW basiert auf zwei Grundgedanken:

#### a) Der Beschluss der AdV zur Einführung der Landbedeckung und Landnutzung

Das Plenum der AdV hat in 2018 die strategischen Eckpunkte zur Einführung der nächsten Referenzversion der GeoInfoDok und zur Einführung von Landbedeckung und Landnutzung beschlossen. Hierbei werden die AdV-Mitgliedsverwaltungen gebeten, die GeoInfoDok 7.1 bis zum 31.12.2023 in ihren Erfassungs-, Führungs- und Auskunftssystemen von AFIS, ALKIS und ATKIS einzuführen. Die Bereitstellung der Daten der Landnutzung erfolgt zum 31.12.2023. Die Bereitstellung der Daten der Landbedeckung wird zum 31.12.2023 angestrebt. Hiermit hat sich die AdV entschieden, parallel zu der bisherigen Tatsächlichen Nutzung (TN), einen strategischen Wechsel hin zu Landbedeckung und Landnutzung zu beschreiten. Diese Entscheidungen waren vor dem Hintergrund der immer komplexer werdenden Nutzeranforderungen unerlässlich, da auch auf nationaler und europäischer Ebene das Prinzip der Trennung zwischen Landbedeckung und Landnutzung bereits seit Jahren gefordert und in Teilen angewendet wird.

#### b) Einführung von Fernerkundungsdaten, insbesondere Satellitendaten, in die Geschäftsprozesse bei Geobasis NRW sowie bei den Katasterbehörden in NRW

Die Akzeptanz und Verwendung der Geobasisdaten der Vermessungsverwaltungen von Bund und Ländern basieren maßgeblich auf der Einheitlichkeit, Aktualität, Voll-

ständigkeit und Flächendeckung der Daten. Dabei stellt die kontinuierliche Aktualisierung der Geobasisdaten eine wesentliche Kernaufgabe der öffentlichen Verwaltung dar. Mit der Hinzunahme des Fachschemas »Landbedeckung« kommt ein weiterer Geobasisdatensatz hinzu, der kontinuierlich aktuell bereitgestellt werden muss.

Mit der Einbeziehung von Satellitendaten wird der Forderung Rechnung getragen, dass die Landbedeckung automatisiert mit hoher Aktualität abgeleitet werden soll. Nach Bericht der AdV-Projektgruppe Landbedeckung/Landnutzung (PG LB/LN) sollen die Objekt-, Attribut- und Wertearten der Landbedeckung mindestens jährlich aktualisiert werden. Die Sentinel-2-Daten des Copernicus-Programms bieten eine geeignete Ausgangsbasis und gewährleisten die Aktualität der Landbedeckung. In Kombination mit den vorliegenden Orthophotos, ergänzenden Sekundärindikatoren, wie z.B. das normalisierte Digitale Oberflächenmodell (nDOM), sowie den eingesetzten Deep-Learning-Verfahren ist mit Cop4ALL NRW eine nutzerorientierte und qualitätsgesicherte Ableitung der Landbedeckung möglich.

Mit der Integration von Fernerkundungsdaten in die Geschäftsprozesse bei Geobasis NRW und bei den Katasterbehörden soll gleichzeitig der Aktualisierungsprozess der bereits vorliegenden Geobasisdaten ALKIS und ATKIS wesentlich verbessert werden. Mit Cop4ALL NRW können Geobasis NRW und alle Katasterbehörden in NRW

selbstständig Veränderungsinformationen ableiten und in den Aktualisierungsprozess von ALKIS und ATKIS einbinden.

## 2 Auftrag zur Entwicklung von Cop4ALL NRW

Das Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen hat Anfang 2019 das Projekt »Cop4ALL NRW – Copernicus für ATKIS, ALKIS und Landbedeckung in NRW« gestartet. Ziel von Cop4ALL NRW ist die Nutzung von Copernicus-Daten zur Fortführung von ATKIS und ALKIS sowie die Ableitung des von der AdV beschlossenen Datenmodells Landbedeckung. Hierbei sollten insbesondere frei verfügbare Satellitendaten in die Geschäftsprozesse bei Geobasis NRW und bei den Katasterbehörden NRW integriert werden.



Abb. 1: Logo des Verfahrens Cop4ALL NRW

Die fachlichen Anforderungen an Cop4ALL NRW wurden gemeinsam vom Innenministerium NRW, Geobasis NRW und zwei Vertretern der Kommunalen Spitzenver-

Landbedeckung										
Objektartengruppe	#	Objektart	#	Attribut-/Werteart	#	Attribut-/Werteart	#	Attribut-/Werteart	#	Attribut-/Werteart
11000 Bebauung	11010	LB_HochbauUndBaulicheNebenflaechen								
	11020	LB_Tiefbau								
12000 Vegetationslos	12010	LB_Festgestein								
	12020	LB_Lockermaterial	OFM	oberflaechenmaterial	WST	wassersättigung				
13000 Vegetation	13010	LB_KrautigeVegetation	VEG	vegetationsmerkmal	WST	wassersättigung	SST	salzigerStandort		
	13020	LB_HolzigeVegetation	VEG	vegetationsmerkmal	WST	wassersättigung	BLF	blattform [0..2]	VJF	verjüngungsfläche
14000 Wasser	14010	LB_Meer	MEA	meerart	TID	tideeinfluss				
	14020	LB_Binnengewaesser	GWA	gewässerart	FLE	fliessegenschaft	WFG	wasserführung		
	14030	LB_Eis	EIS	eisart						
										Grunddatenbestand

Abb. 2: Landbedeckung gemäß AdV-Fachscha

bände NRW (Kreis Kleve und Stadt Gelsenkirchen) entwickelt. Die darauf aufbauende Leistungsbeschreibung wurde europaweit veröffentlicht.

Die Bietergemeinschaft EFTAS/VertiGIS (zuvor AED-SICAD) hat den Zuschlag zur Realisierung von Cop4ALL NRW erhalten. In einem 27-monatigen Zeitraum wurde Cop4ALL NRW entwickelt und implementiert, um die Landbedeckung aus den Satellitendaten des Copernicus-Programms und landesweit für NRW verfügbaren Geobasisdaten abzuleiten. Bei der Ableitung der Landbedeckung wird die in der PG LB/LN entwickelte Nomenklatur verwendet.

### 3 Das Landbedeckungsmodell der AdV

Entsprechend den Datenspezifikationen zur INSPIRE-Richtlinie wird unter der Landbedeckung die physische und biologische Bedeckung der Erdoberfläche, einschließlich künstlicher Flächen, landwirtschaftlicher Flächen, Wälder, natürlicher und naturnaher Gebiete, Feuchtgebiete und Wasserkörper verstanden (EC 2007). Der Begriff Landbedeckung wird dabei synonym zum Begriff der Bodenbedeckung verwendet. Das Anwendungsschema der Landbedeckung gliedert sich in die vier Objektartengruppen »Bebauung«, »Vegetationslos«, »Vegetation« und »Wasser«. Die Objektartengruppen werden durch Objekt-, Attribut- und Wertearten strukturiert und inhaltlich verfeinert (Lucas et al. 2019). Insgesamt wurden 15 Ob-

jekt-, Attribut- oder Wertearten dem Grunddatenbestand zugeordnet (Abb. 2, orange hinterlegte Felder). Diese 15 Elemente der neuen Nomenklatur bilden die Landbedeckung flächenhaft sowie lückenlos und überschneidungsfrei ab.

## 4 Cop4ALL NRW in der fachlichen Umsetzung

### 4.1 Grundsätzliche Funktionsweise von Cop4ALL NRW

Cop4ALL NRW basiert auf der Klassifikation von Fernerkundungsdaten (Satellitendaten und Orthophotos), wobei entsprechend der räumlichen Auflösung der Bilddaten zwei unterschiedliche Künstliche Neuronale Netze eingesetzt werden. Die weiteren Eingangsdaten, z. B. ALKIS-Bestandsdaten zum automatisierten Training oder das nDOM zur Binnendifferenzierung der Vegetation, werden in einer Copernicus-Daten-Infrastruktur vorgehalten (Abb. 3). Die Steuerung von Cop4ALL NRW erfolgt über eine bedienerfreundliche Web-GUI (Graphical User Interface/grafische Bedienoberfläche). Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt über ein standardisiertes Warenkorbsystem.

### 4.2 Die Bedienoberfläche von Cop4ALL NRW

Die webbasierte GUI stellt die clientseitige Schnittstelle zwischen dem Anwender und den serverseitigen Produk-

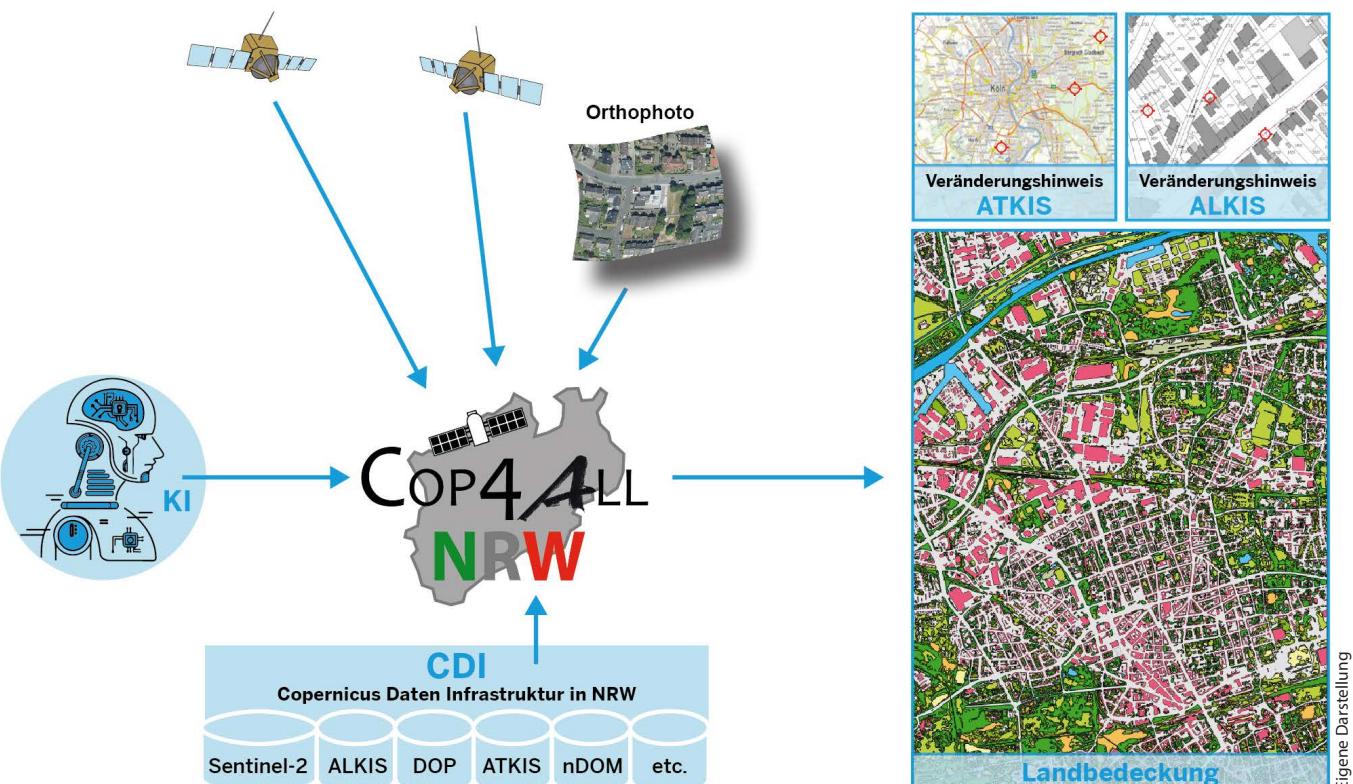


Abb. 3: Grundsätzliche Funktionsweise von Cop4ALL NRW

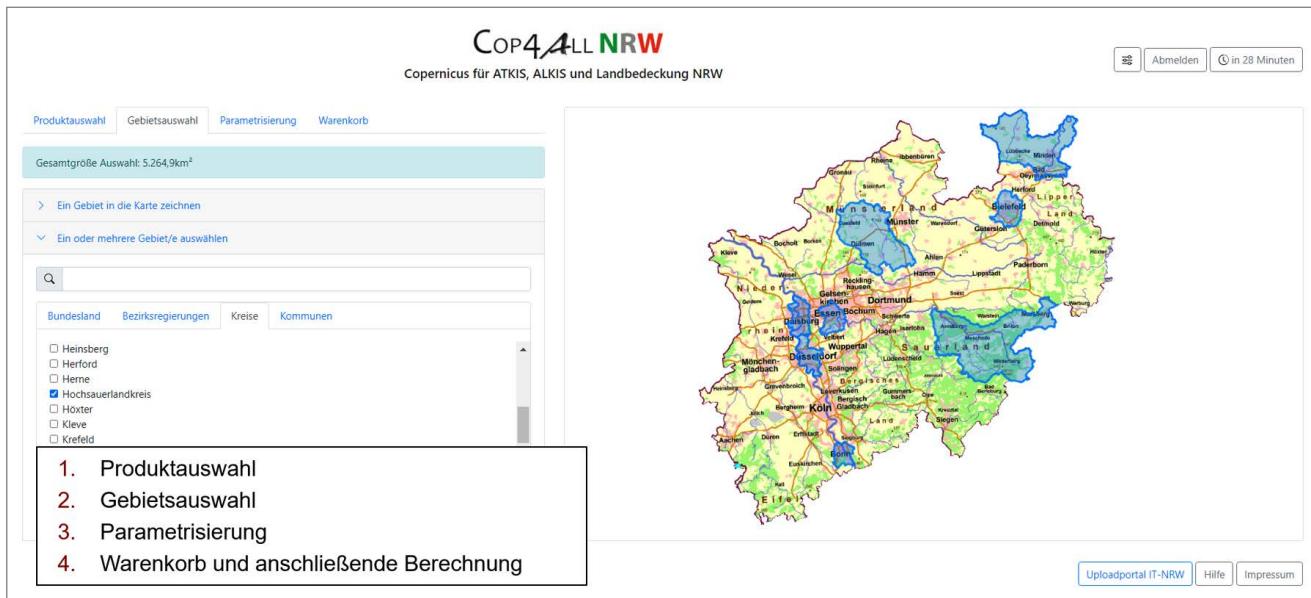


Abb. 4: Bedienoberfläche für Cop4ALL NRW

tionsdiensten dar. In Abb. 4 ist die Gesamtübersicht der Produktauswahl exemplarisch dargestellt.

Zur Durchführung der Landbedeckungsklassifikation ist die konkrete Auswahl eines oder mehrerer Gebiete/s erforderlich. Zu diesem Zweck bietet die webbasierte GUI verschiedene Möglichkeiten an.

Über die »Parametrisierung« ist die Möglichkeit gegeben, die Prozessierung individuell zu gestalten. Für die Ableitung der Landbedeckung muss eine Zeitspanne von 12 Monaten für die zu nutzenden Sentinel-2-Daten ausgewählt werden, um die Vegetation in die geforderten Landbedeckungen unterteilen zu können. Die Sentinel-2-Daten werden dabei zu einem zeitlichen Mosaik (Datacubes) mit einer Auflösung von 10 m unterteilt. Im Regelfall werden die aktuellen Orthophotos der Landesvermessung sowie das aktuelle nDOM in den Berechnungsprozess eingebunden. Über eine Upload-Schnittstelle können eigene Daten (z. B. Digitale Orthophotos, ALKIS, Validierungsdaten) für individuelle Berechnungen in Cop4ALL NRW genutzt werden.

Nach Abschluss der Konfiguration wird der Auftrag in einen Warenkorb gelegt. Zu jedem gestarteten Auftrag wird eine Auftragsbestätigung (Abb. 5) mit Informationen zur Auftragsbezeichnung, zum Produkt und Zeitraum sowie zum gewählten Gebiet erstellt und per E-Mail an den Besteller versendet.

Produkt	
1	Cop4ALL NRW 2022-07-08_LB-NRW-West_13253km2
Fachliche Selektion: Erstableitung Landbedeckung Bestellnummer: <span style="background-color: black; color: black;">XXXXXXXXXX</span> Gewählte Gebiete: Eigene Geometrie (.shp/.zip) Zeitraum: 01.04.2021 - 01.04.2022	

Abb. 5: Bereitstellung der Ergebnisse über ein Warenkorb-System

### 4.3 Erstellung der Trainingsdaten

Für die Klassifikation der Satellitendaten werden Trainingsdaten benötigt, um den Klassifikator an die spezifischen Sentinel-2-Daten des verwendeten Zeitraums anzupassen. Die Berechnung von Trainingsdaten wird in der Standardeinstellung automatisch vorgenommen. Als Grundlage für die automatische Trainingsdatengenerierung dienen ALKIS-Bestandsdaten, die thematisch mit den zu klassifizierenden Bildklassen übereinstimmen. Die automatisierte Erzeugung der Trainingsdaten berücksichtigt dabei typische Merkmale je Landbedeckungsklasse. So wird beispielsweise die ALKIS-Objektart »AX\_Gebaeude« verwendet, um die Landbedeckungsklasse »Hochbau« zu trainieren. Für das Training der Landbedeckungsklasse »Tiefbau« werden die zwei ALKIS-Objektarten »AX\_Platz, Funktion = Parkplatz« und »AX\_Straßenverkehr« verwendet (Abb. 6).

Die Auswahl der Trainingsdaten erfolgt hierbei für jedes zu klassifizierende Gebiet individuell.

### 4.4 Bildanalyse über eine verzweigte Deep-Learning-Architektur

Cop4ALL NRW basiert auf der überwachten Klassifikation von Fernerkundungsdaten. Als Eingangsdaten werden die Sentinel-2-Daten des Copernicus-Programms sowie die aktuellen Orthophotos der Landesvermessung NRW verwendet. Die Sentinel-2-Daten gewährleisten hierbei die Aktualität der Landbedeckung. Diese Datenquelle liegt mit einer hohen zeitlichen Auflösung, jedoch mit geringerer räumlicher Auflösung von 10 bis 60 m vor. Orthophotos liefern zusätzlich die geometrische Dimension und liegen monotemporal mit einer hohen räumlichen Auflösung von 10 cm vor. Die gemeinsame Auswertung dieser Daten hat mehrere Vorteile: eine hohe zeitliche Dichte verfügbarer

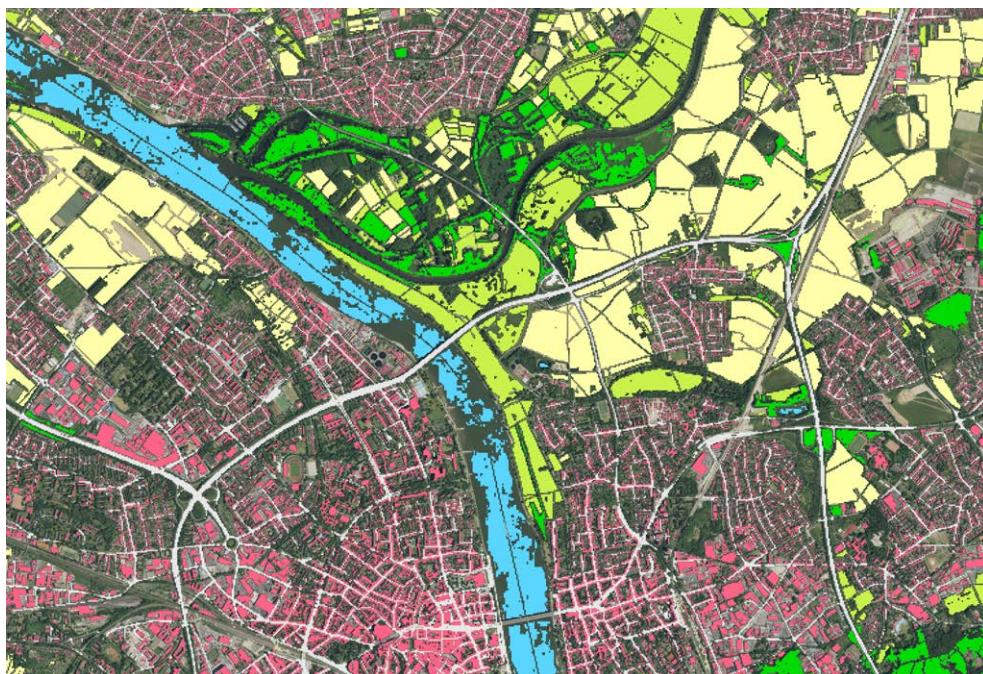


Abb. 6:  
Beispiel für einen automatisch erstellten Trainingsdatensatz

Daten, überschaubare Kosten und die Möglichkeit, Merkmale und Objekte in unterschiedlichen Auflösungsstufen zu erfassen (Hoberg 2019).

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen räumlichen Auflösungen der Eingangsdaten zeigt eine verzweigte Deep-Learning-Architektur die besten Ergebnisse. In der Bildanalyse werden die Eingangsdaten in ein thematisches Raster überführt, indem jeder Rasterzelle nach dem Multi-Label-Prinzip Wahrscheinlichkeiten für die Bildanalyseklassen zugeordnet werden. Die jeweils höchste Wahrscheinlichkeit entscheidet über die Klassenzuordnung. Manche Objektklassen erlauben aufgrund mangelnder ro-

buster spektraler Merkmale keine ausreichend zuverlässige Trennung, so dass hierfür ergänzende Sekundärindikatoren herangezogen werden.

Zur Bildklassifikation werden Künstliche Neuronale Netze eingesetzt (Abb. 7). Die Sentinel-2-Zeitreihe wird hierbei durch ein »Recurrent Neural Network« (RNN), welches für jede Berechnung neu trainiert wird, klassifiziert. Die erforderlichen Trainingsdaten werden aus dem ALKIS-Sekundärdatenbestand ermittelt, der bei Geobasis NRW geführt wird. Die Orthophotos werden unter Beachtung eines nDOM in Form eines vortrainierten »Convolutional Neural Networks« (CNN) klassifiziert.

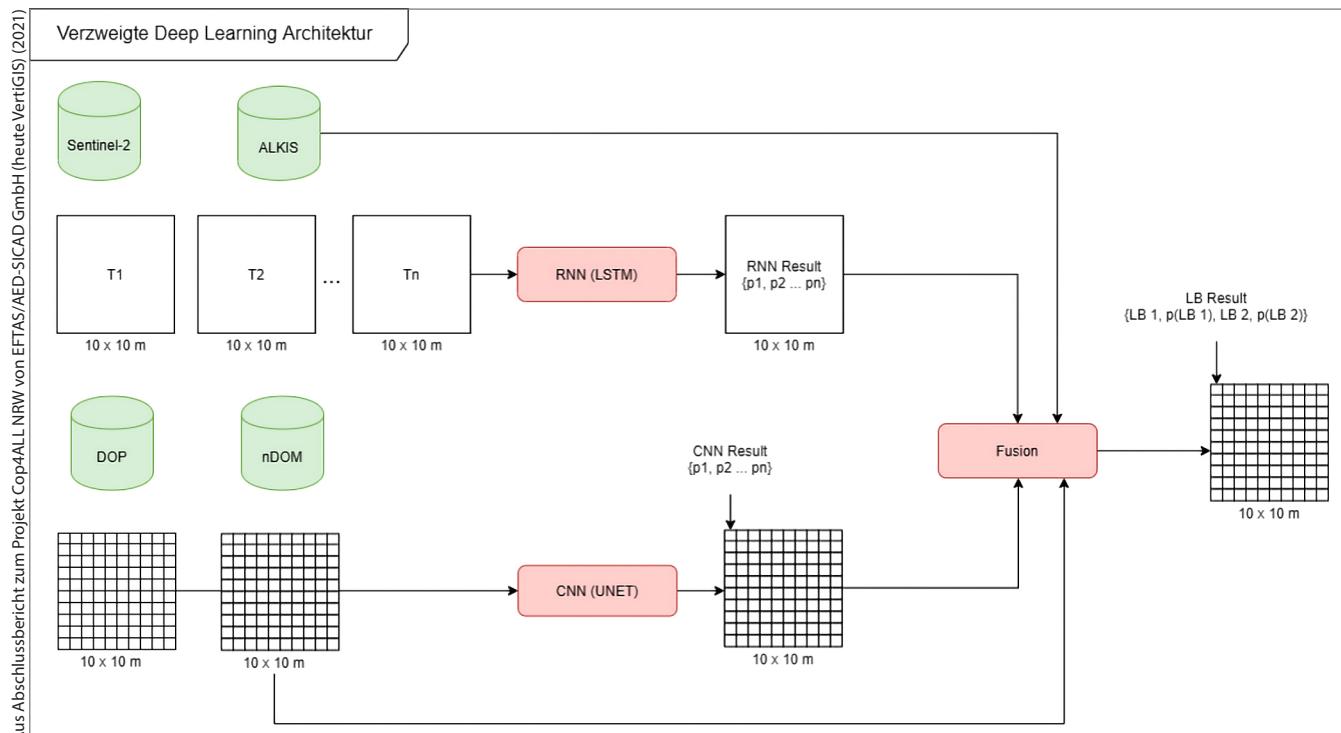


Abb. 7: Verzweigte Deep-Learning-Architektur

## 4.5 Ableitung der Landbedeckung

Die Ableitung der Landbedeckung erfolgt im Anschluss an die überwachte Klassifikation in den Schritten »Datenfusion«, »Postprocessing« und »Vektorisierung«.

### 4.5.1 Datenfusion

Das Modul »Datenfusion« führt die pixelweisen Ergebnisse der Bildanalyse und der Klassifikation regelbasiert zusammen (Abb. 8). Die Ergebnisse beider Bildanalysen werden zu einer Matrix mit einer räumlichen Auflösung von 1 m für die Landbedeckung fusioniert, wobei die Bildanalysen mit definierten Gewichten versehen werden. Um beispielsweise feine Strukturen aus dem CNN zu erhalten, sind die Bildklassen »Hochbau« und »Tiefbau« für das CNN deutlich höher gewichtet als für das RNN. Ebenso erfolgt eine zeitliche Gewichtung, sofern sich die Aufnahmezeitpunkte der Orthophotos stark von den Sentinel-2-Daten unterscheiden.

### 4.5.2 Postprocessing

Das Postprocessing schließt sich an die Datenfusion an. Bei der Ableitung der Landbedeckung sollen die bestehenden Objekte und Topologien der Geobasisdaten (ALKIS, ATKIS) bei korrespondierender Attributierung im Sinne der gegenseitigen Konsistenz berücksichtigt werden. Um die Konsistenz zu ALKIS (Erläuterungen zum Anwendungsschema Landbedeckung 2020) zu erreichen, werden daher in der Klassifikation erkannte Objekte der Klasse »Hochbau« nachbearbeitet und an die Konturen der Objekte »AX\_Gebaeude« angenähert. Für neu erkannte Gebäude oder Gebäudeteile, für die es keine Entsprechung in ALKIS gibt, wird die ermittelte Geometrie aus der Klassifikation als »Hochbau« in die Landbedeckung übernommen.

Die Landbedeckung »Tiefbau« umfasst versiegelte Flächen mit ebenerdigen Bauwerken, die an der Geländeoberfläche sichtbar sind. Diese Objekte sind jedoch häufig von

Vegetation überdeckt, sodass keine vollständige Erkennung aus den Fernerkundungsdaten möglich ist. Um die geforderte Konsistenz zu ALKIS herzustellen, werden Objekte der ALKIS-Objektarten »AX\_Straßenverkehr« und »AX\_Weg« dahingehend geprüft, welche Bildklassen innerhalb dieser Objekte erkannt wurden. Verdeckungen durch die Landbedeckungen »Laubbäume« und »Nadelbäume« werden erlaubt und für diese Pixel wird die Landbedeckung »Tiefbau« in das Ergebnis übernommen.

Die Binnendifferenzierung der Landbedeckung »Holzige Vegetation« erfolgt unter Verwendung der Höheninformation aus dem nDOM und der Verwendung fester Schwellwerte für die Höhe.

- nDOM > 5 m: Zuweisung zu der Werteart »Laubbaum/ Nadelbaum«
- nDOM < 5 m: Zuweisung zu der Werteart »Büsche/ Sträucher«

Die Landbedeckung »Gehölz« ergibt sich als Mischfläche unterschiedlicher Wuchshöhen aus Bäumen, Sträuchern und Büschen. Die Landbedeckung »Gehölz« wird über ein sogenanntes »Moving Window« bestimmt, bei dem geprüft wird, ob die Umgebung in der Höhe homogen oder inhomogen ist. Niedrige Pixelwerte stehen dabei für »Büsche/Sträucher«, hohe Werte für »Laubbäume/Nadelbäume«. Pixel in inhomogener Umgebung werden als »Gehölz« klassifiziert.

### 4.5.3 Vektorisierung und Mindest erfassungsgrößen

Als letzter Schritt folgt die Vektorisierung und Objektbildung unter Berücksichtigung der Mindest erfassungsgrößen. Als Ergebnis der Klassifikation der Fernerkundungsdaten werden alle Objekte der Landbedeckung, die eine Mindestfläche von 100 m<sup>2</sup> überschreiten, eigenständig ausgewiesen. Der Hochbau wird vollständig ab einer Mindestgröße von 10 m<sup>2</sup> dargestellt. Sollte die Mindest erfassungsgröße für ein Objekt der Landbedeckung nicht erreicht sein, erfolgt die Zuschlagung zu Nachbarobjekten nach inhaltlicher und räumlicher Priorität.

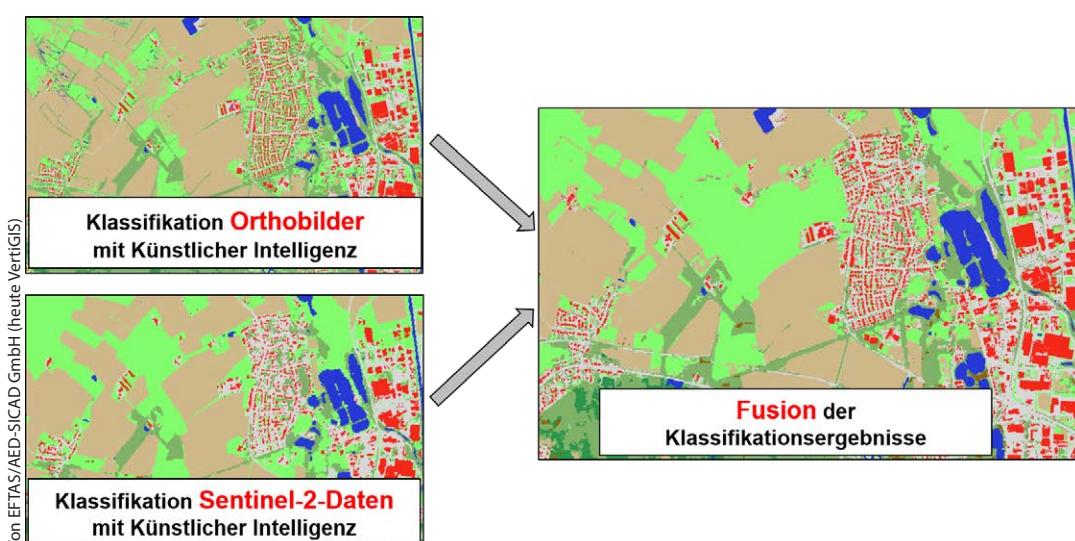


Abb. 8:  
Datenfusion der Bildanalysen

## 5 Ergebnisse und Bewertung der Landbedeckung in Nordrhein-Westfalen

### 5.1 Grundsätzliches

Geobasis NRW hat mit Stichtag 1. April 2022 die Landbedeckung für Nordrhein-Westfalen (Abb. 9) gemäß dem Fachschema der AdV erstmalig flächendeckend abgeleitet. Dabei können alle 15 Elemente der Landbedeckung erzeugt werden, sofern sie in Nordrhein-Westfalen vorkommen.

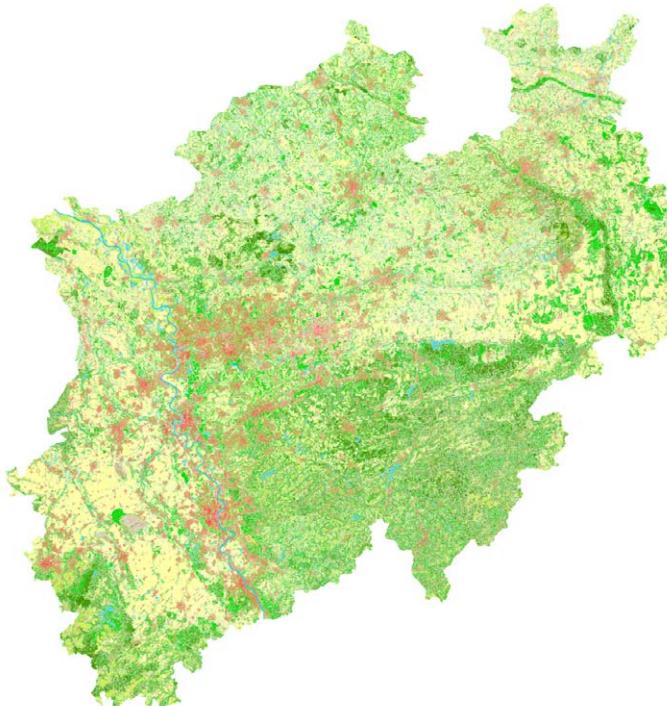


Abb. 9: Darstellung Landbedeckung NRW

Die Landbedeckungen »Festgestein«, »Eis« und »Meer« konnten für die Entwicklungen von Cop4ALL NRW nur perspektivisch betrachtet werden, da die Landbedeckung »Festgestein« nur in sehr geringen Flächenanteilen in NRW vorhanden ist und die Landbedeckungen »Eis« und »Meer« in NRW nicht vorkommen. Technisch sind alle Voraussetzungen gegeben, diese Landbedeckungen mit in der Klassifikation zu berücksichtigen.

### 5.2 Bereitstellung der Ergebnisse

Die Bereitstellung der Landbedeckung erfolgt als Produkt von Geobasis NRW über einen WMS- und WFS-Dienst. Die Dienste und Daten der Landbedeckung können unter der Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0 genutzt werden. Dabei ist folgender Quellenvermerk anzugeben: »Enthält modifizierte Copernicus Sentinel-2-Daten [2021, 2022], verarbeitet durch Geobasis NRW; dl-de/by-2-0 ([www.govdata.de/dl-de/by-2-0](http://www.govdata.de/dl-de/by-2-0)); [www.wms.nrw.de/geobasis/wms\\_nw\\_landbedeckung](http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_landbedeckung).«

Die Dienste sind über die folgenden URLs erreichbar:

- WMS LB: [https://www.wms.nrw.de/geobasis/wms\\_nw\\_landbedeckung](https://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_landbedeckung)
- WFS LB: [https://www.wfs.nrw.de/geobasis/wfs\\_nw\\_landbedeckung](https://www.wfs.nrw.de/geobasis/wfs_nw_landbedeckung)

Für die Darstellung der 15 Landbedeckungsklassen wurden Teile der von der GDI-DE zitierten Auflistung der Pure Land Cover Components (PLCC), wie sie in der INSPIRE-Datenspezifikation zur Bodenbedeckung vorgeschlagen ist (<https://wiki.gdi-de.org/display/FNW/Bodenbedeckung+LC+-+Steckbrief>), gewählt und geringfügig angepasst (Abb. 10).



Abb. 10: Landbedeckung der Stadt Straelen (Kreis Kleve) mit Legende

### 5.3 Qualität der Ergebnisse

Der Ansatz für die thematische Genauigkeit einer Landbedeckung basiert auf dem Vergleich der ermittelten Landbedeckungsklasse mit Validierungsdaten (Ground Truth), die als »wahre« Informationen gelten. Die Genauigkeit ist definiert als der Grad der Übereinstimmung zwischen der Landbedeckung und den Werten der Validierungsdaten. In einer Konfusionsmatrix werden diese Ergebnisse dargestellt.

Für NRW wurde im Verfahren Cop4ALL NRW die Genauigkeit für mehrere über das Land verteilte Gebiete, die auch die topographischen Besonderheiten abdecken, ermittelt. Am Beispiel des Kreises Kleve wird die Genauigkeit der berechneten Landbedeckung genauer betrachtet. Zur Erzeugung der Konfusionsmatrix wurden entsprechend der Klassenhäufigkeit insgesamt 1588 Punkte für den Kreis Kleve zufällig in der Fläche verteilt. Zu jedem dieser Validierungspunkte (= Stichproben) wurde anhand von aktuellen Orthophotos und unter Berücksichtigung der Ortskenntnis die »wahre Landbedeckung« zugewiesen, die dann zur Erzeugung der Konfusionsmatrix führte (Abb. 11).

## Aussagen zur Genauigkeit:

Die Gesamtgenauigkeit gibt das Verhältnis zwischen richtig erkannten Objekten zur Gesamtanzahl der Stichproben wieder (in Konfusionsmatrix Summe der Hauptdiagonalen/Anzahl Stichproben). Für den Kreis Kleve wurde eine Gesamtgenauigkeit von ca. 87,8 % ermittelt. Das bedeutet, dass 87,8 % aller Validierungspunkte vom System Cop4ALL NRW automatisiert richtig klassifiziert wurden. Dies übertrifft die ursprünglich an das Verfahren gesetzten Erwartungen. Speziell unter der Berücksichtigung der hohen räumlichen Auflösung der Landbedeckung von 1 m ist diese Genauigkeit – auch im Vergleich zum Stand der

Tab. 1: Übersicht zur Nutzergenauigkeit und Produzentengenauigkeit

LB-Klasse	Nutzergenauigkeit	Produzenten- genauigkeit
Hochbau	93,8%	96,1%
Tiefbau	82,9%	89,9%
Festgestein	im Testgebiet nicht vorkommend	
Lockermaterial	81,8%	33,3%
Gras	90,7%	85,3%
RöhrichtSchilf	im Testgebiet nicht vorkommend	
Getreide	85,2%	96,4%
Laubbäume	87,6%	92,1%
Nadelbäume	88,2%	95,7%
Gehölz	33,3%	4,2%
Büsche	52,2%	63,2%
Meer	in NRW nicht vorkommend	
Gewässer fließend	99,0%	94,4%
Gewässer stehend	95,5%	98,2%
Eis	in NRW nicht vorkommend	

Wissenschaft und anderen Landbedeckungsprodukten – als sehr guter Wert anzusehen.

Um eine individuelle Bewertung einzelner Landbedeckungsklassen vornehmen zu können, ist eine Analyse der Produzenten- und Nutzergenauigkeiten erforderlich.

Die Produzentengenauigkeit gibt an, in welchem Maß sich eine in der automatischen Klassifikation ermittelte Landbedeckung mit dem in der Validierung festgelegten Wert deckt. Die Nutzergenauigkeit dient als Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Objekt, welches einer bestimmten LB-Klasse zugeordnet wurde, wirklich dieser Klasse angehört.

Im Einzelnen konnten überwiegend gute bis sehr gute Ergebnisse mit Werten von größer 83 % bis hin zu über 98 % für die verschiedenen Landbedeckungsklassen erzielt werden (Tab. 1).

Abb. 11: Konfusionsmatrix Ergebnis Kreis Kleve

Dies lässt folgenden Schluss für die Qualität der Landbedeckung zu:

- Die Objektartengruppen
  - Bebauung (Hoch- und Tiefbau)
  - Vegetationsflächen und
  - Gewässerflächen

lassen sich durch automatisierte Klassifizierung sehr zuverlässig voneinander trennen und werden als entsprechende Landbedeckung ausgegeben. Besonders hervorzuheben ist, dass die LB-Klassen »Laubbäume« und »Nadelbäume« sehr gut abgeleitet werden. Anzumerken ist allerdings, dass die Landbedeckungen »Gehölz« und »Büsche« gemäß der ungenauen räumlichen Definition Freiheitsgrade zulassen und daher häufig anderen Vegetationsklassen zugeordnet werden.

- Weiterhin ist die gute Trennbarkeit der Landbedeckungen »Getreide« und »Gras« zu erwähnen, die aus Orthophotos in dieser Trennschärfe nicht zu erreichen ist.
- Somit ist eine gesicherte Abgrenzung von versiegelten und unversiegelten Flächen möglich. Hier kann perspektivisch die Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlungen und Verkehr (Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie) dokumentiert werden.
- Die Landbedeckungen »Festgestein« und »Röhricht-Schilf« sind im betrachteten Gebiet (Kreis Kleve) nicht vorhanden. »Meer« und »Eis« kommen in NRW nicht vor und sind daher in der Konfusionsmatrix nicht enthalten.
- Die Definition von Lockermaterial ist sehr vielschichtig und umfasst Oberflächen wie beispielsweise Geröll, Schotter, Sand, Kohle und Abfall. Die Abgrenzung einer solchen Mischklasse stellt eine große Herausforderung dar. Die daher zwangsläufigen Fehlklassifikationen finden sich in der Konfusionsmatrix wieder und beeinflussen deshalb das Ergebnis.

## 6 Ableitung der Veränderungshinweise für ATKIS und ALKIS

Neben der Berechnung einer flächendeckenden Landbedeckung gehört auch die automatisierte Ableitung von Veränderungshinweisen für das ATKIS Basis-DLM sowie den ALKIS-Datenbestand zu den Funktionen von Cop4ALL NRW.

Der webbasierte Zugriff auf Cop4ALL NRW ermöglicht zukünftig allen 53 Katasterbehörden des Landes NRW die Berechnung von ALKIS-Veränderungshinweisen innerhalb ihres Kreises bzw. ihrer Stadt. Geobasis NRW hat darüber hinaus die Möglichkeit, Veränderungshinweise zur Fortführung des ATKIS Basis-DLM in NRW abzuleiten.

Die Veränderungsanalyse basiert dabei stets auf der Grundlage einer zuvor berechneten Landbedeckung. Im Zuge der Veränderungsanalyse wird zunächst die Landbedeckung mit den ATKIS- bzw. ALKIS-Daten verschneitten. Standardmäßig greift Cop4ALL NRW auf die aktuellen Daten des Landesbestandes zurück. Wird ein ALKIS-Datensatz durch den Anwender hochgeladen, so greift das Verfahren darauf zu. Alle bei der Verschneidung erzeugten Polygone werden zunächst auf eine Mindestgröße geprüft: Diese liegt im Falle der ALKIS-Veränderungshinweise bei 100 m<sup>2</sup> und bei ATKIS-Veränderungshinweisen bei 1000 m<sup>2</sup>. Anschließend werden alle Verschneidungsobjekte einer semantischen Prüfung zwischen ALKIS/ATKIS-Objektart und der Landbedeckung unterzogen. Die verbleibenden Hinweise werden anschließend einer Plausibilitätsprüfung (z. B. Baumüberhang, Verhältnis von Umfang zur Fläche) unterzogen. Als Ergebnis werden die Veränderungshinweise ausgegeben, für die eine wirkliche ATKIS- bzw. ALKIS-Veränderung am wahrscheinlichsten ist.

Im vorliegenden Beispiel der Abb. 12 wurde ein im DOP zu erkennender Neubau (rot umkreist) noch nicht in ALKIS übernommen. Von Cop4ALL NRW wird hier folgerichtig ein Veränderungshinweis abgeleitet. Jeder

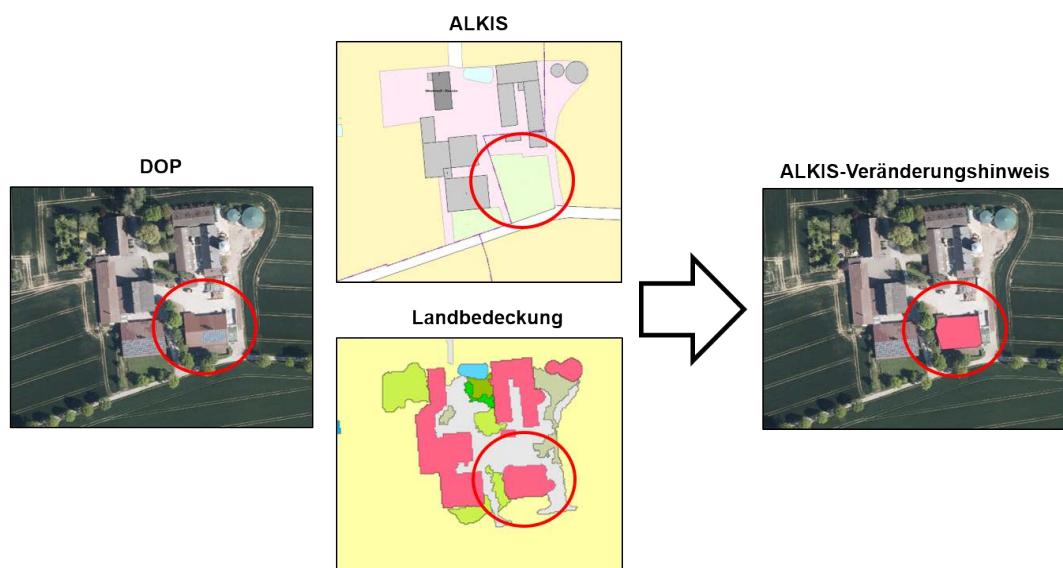


Abb. 12:  
Darstellung zur Ableitung eines ALKIS-Veränderungshinweises

Veränderungshinweis ist zudem mit einer Liste von Attributen ausgestattet. Diese Liste beinhaltet insbesondere einen Änderungsvorschlag sowie ein Maß für die Zuverlässigkeit des Hinweises.

Die durch Cop4ALL NRW abgeleiteten ATKIS-Veränderungshinweise weisen derzeit eine Richtigkeit von 34 % auf. Hier werden noch zu viele Veränderungshinweise für eigentlich korrekte Situationen abgeleitet. Zudem werden in lediglich 62 % der Fälle, in denen Veränderungshinweise erwartet werden, auch Hinweise geliefert. Der Grund für die noch unzureichende Genauigkeit der ATKIS-Veränderungshinweise liegt unter anderem in der generalisierten Darstellung des ATKIS-Basis-DLM mit teilweise komplexen Erfassungskriterien. Eine Optimierung der Landbedeckung sowie eine Anpassung der Filterung könnten hier für eine Verbesserung sorgen.

Im Gegensatz dazu zeigt eine Auswertung der ALKIS-Veränderungshinweise, dass rund 95 % der abgeleiteten Veränderungshinweise zur Fortführung des ALKIS-Datenbestandes genutzt werden können. Anpassungsbedarf besteht jedoch bei der Anzahl der ausgegebenen Veränderungshinweise. Derzeit werden rund 10 % der tatsächlichen ALKIS-Veränderungen gefunden. Dies bedeutet, dass zu viele gute Hinweise herausgefiltert werden. Eine Anpassung der Filterung soll in einem nächsten Schritt der Weiterentwicklung dafür sorgen, dass mehr korrekte Veränderungshinweise ausgegeben werden.

## 7 Der Betrieb von Cop4ALL in der Copernicus-Daten-Infrastruktur von NRW

Das Verfahren Cop4ALL NRW ist grundsätzlich auf einen zentralen Betrieb ausgelegt. Bei diesem Ansatz stehen Software und alle benötigten Fachdaten (Geobasisdaten, Insi-

tu-Daten, Fernerkundungsdaten etc.) an zentraler Stelle in einer geschlossenen IT-Infrastruktur. Die Steuerung und der Zugriff auf das Fernerkundungsverfahren erfolgen webbasiert von dezentraler Stelle (GUI-Oberfläche) durch Geobasis NRW und die Katasterbehörden in Nordrhein-Westfalen. Prinzipiell ist dieser Ansatz auf andere Beteiligte, beispielsweise im Rahmen einer AdV-Kooperation, erweiterbar.

Ein Einsatz in einem sogenannten »hybriden« Modus ist ebenfalls gewährleistet, da die Katasterbehörden in NRW über Netzwerkzugriff eigene Berechnungen auf dem zentralen Fernerkundungsverfahren mit eigenen Daten anstoßen können. Diese Daten können eine höhere Aktualität besitzen und werden vor einer Klassifizierung über ein Upload-Verfahren auf den zentralen Server übertragen. Die Auflösung und das Format dieser Daten müssen aber kompatibel mit den standardmäßig im Verfahren genutzten Daten sein.

Der Betrieb erfolgt im zentralen und hybriden Modus über die zentrale Infrastruktur des Landes NRW. Beim Landesbetrieb Information und Technik Nordrhein-Westfalen (IT.NRW) werden die Software (Cop4ALL NRW) sowie die benötigten Eingangsdaten in einer Copernicus-Daten-Infrastruktur (CDI@IT.NRW) vorgehalten. Mit der CDI@IT.NRW wird ein Leistungsangebot für die Nutzung von Fernerkundungsdaten und die Bereitstellung landesweiter Informationsprodukte erstellt. In Abb. 13 ist eine Auswahl von Fachapplikationen mit Zugriff auf die CDI@IT.NRW dargestellt.

Cop4ALL NRW ist ebenso für einen dezentralen Einsatz ausgelegt. In diesem Fall kann Cop4ALL NRW an verschiedenen Stellen in Nordrhein-Westfalen (Katasterbehörden) eingerichtet werden. Dies führt in der Regel zu mehr Flexibilität. Jedoch kann dies eine redundante Datenhaltung, erhöhte Kosten sowie erhöhten Personaleinsatz nach sich ziehen.

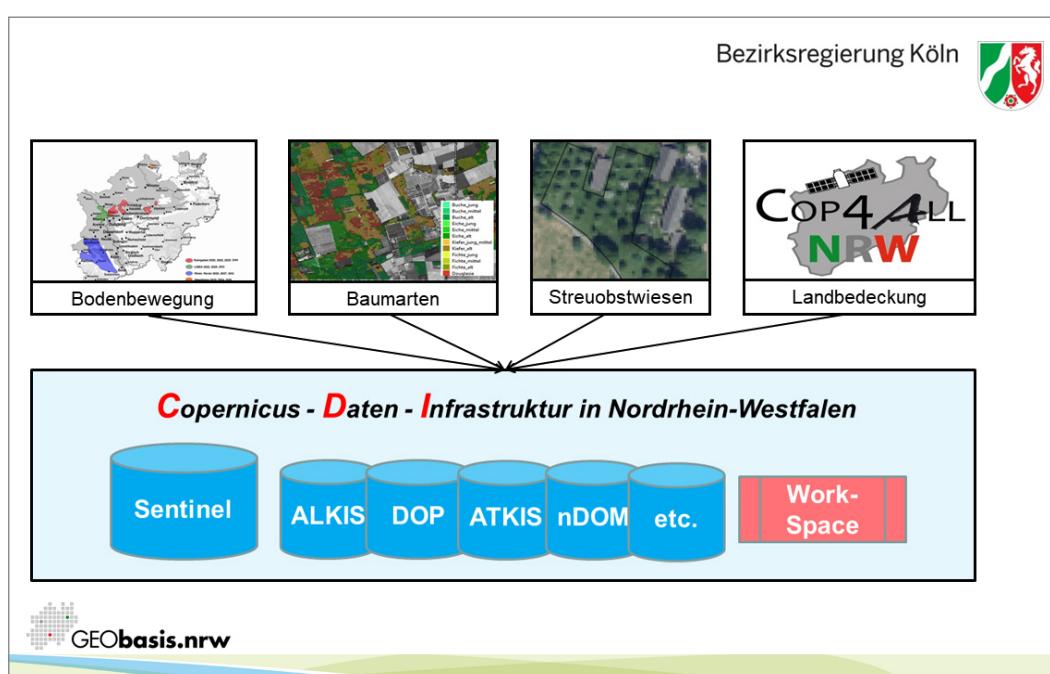


Abb. 13:  
Copernicus-Daten-  
Infrastruktur in NRW

## 8 Ansatz »Einer für Alle«

Cop4ALL NRW erfüllt die Anforderungen der Mitgliedsverwaltungen der AdV an eine einheitliche Beschreibung der Landbedeckung. Die Umsetzung in Nordrhein-Westfalen unterstützt den Grundsatz »Einer für Alle«, sodass auch andere Mitgliedsverwaltungen von den Erfahrungen des Projektes profitieren können. Cop4ALL NRW kann auf weitere Stellen übertragen werden, da standardisierte Eingangsdaten (AdV-Produkte, Copernicus-Daten) verwendet werden.



Abb. 14: Testgebiete in Deutschland

Alle Bundesländer haben sich über die o.g. AdV-Beschlüsse dazu verpflichtet, die Landbedeckung nach dem festgelegten Datenmodell anzubieten. Um Doppelarbeiten zu vermeiden, wurde eine Arbeitsgruppe der Bundesländer mit dem Test beauftragt, ob mit dem Verfahren Cop4ALL NRW ein zentraler oder dezentraler Wirkbetrieb für alle Bundesländer erfolgen kann. Im Rahmen des Tests wurde für fünf Gebiete mit jeweils ca. 400 km<sup>2</sup> Bearbeitungsfläche die Landbedeckung mit dem Verfahren »Cop4ALL NRW« und den darin vorgegebenen Parametern abgeleitet (Abb. 14).

Alle Vertreter der Arbeitsgruppe halten das Verfahren »Cop4ALL NRW« grundsätzlich für geeignet, die Landbedeckung an zentraler oder dezentraler Stelle abzuleiten. Die Software »Cop4ALL NRW« muss aber vor der Aufnahme eines zentralen Betriebes auf die individuellen Gegebenheiten der Bundesländer (z. B. Topographie des Bundeslan-

des, Berücksichtigung von Meer und Strand, Gebirge, ...) weiterentwickelt werden. Auf Landes- und Bundesebene laufen derzeit intensive Abstimmungen, ob, wo und nach welchem Betriebsmodell eine zentrale Stelle zur Ableitung der Landbedeckung eingerichtet werden kann.

## 9 Fazit und Ausblick

Mit Cop4ALL NRW wurde erstmals im Frühjahr 2022 die Landbedeckung flächendeckend für Nordrhein-Westfalen nach den Vorgaben der AdV abgeleitet. Alle geforderten Landbedeckungsklassen können über die automatisierte Klassifikation von Fernerkundungsdaten abgeleitet werden, sofern sie in Nordrhein-Westfalen vorkommen. Die Gesamtgenauigkeit der Klassifikation liegt bei über 80 % und ist somit als sehr vielversprechend einzustufen.

Unter Berücksichtigung der Nutzeranforderungen und aus den Erfahrungen der ersten Umsetzungsstufe wurden weitere Entwicklungen zur Optimierung in Auftrag gegeben. In einer Weiterentwicklung in 2021 wurde bereits die Binnendifferenzierung von nicht versiegelten Flächen (Stichwort: Holzige Vegetation) verbessert. Ebenso wurde die Auswahl der Validierungsdaten angepasst, um eine belastbare Gesamtgenauigkeit des Verfahrens ableiten zu können. In 2022 erfolgen derzeit Weiterentwicklungen im Bereich einer optimierten Hardwarenutzung (Performance, Management der Ressourcen, Parallelisierung mehrerer Aufträge) sowie einer Verbesserung der Qualität der Ergebnisse der Landbedeckung (Optimierung der Fusion RNN CNN, Prüfung der Übernahme von ALKIS-Strukturen, Beseitigung von Fehlklassifikationen).

Diese Weiterentwicklungen wurden bereits unter Beachtung der Anforderungen der anderen Bundesländer beauftragt. Es wäre wünschenswert, wenn über ein angepasstes Verfahren Cop4ALL (NRW) eine einheitliche Landbedeckung für Deutschland abgeleitet wird.

Die Integration von frei verfügbaren Satellitendaten in die Geschäftsprozesse bei Geobasis NRW sowie der produktive Betrieb von Cop4ALL NRW hat sich bereits in der Organisationsstruktur von Geobasis NRW verfestigt. Zum 01.01.2022 wurde ein eigenständiger Bereich »Satellitenfernerkundung, Landbedeckung« eingerichtet, in welchem die Copernicus-Aktivitäten gebündelt wahrgenommen werden.

## Literatur

- Abschlussbericht zum Projekt Cop4ALL NRW (2021): EFTAS Fernerkundung Technologietransfer GmbH und AED-SICAD GmbH (jetzt VertiGIS), nicht veröffentlicht.
- AdV (2016): Beschluss des AdV-Plenums 128/3 gemäß Nr. 5.2 der GO-AdV 2016: GeoInfoDok, Fortschreibung der AAA\*-Fachschemata.
- AdV (2017): Beschluss des AdV-Plenums 129/3 gemäß Nr. 5.1 der GO-AdV 2016: Fortschreibung der AAA\*-Fachschemata und Entwicklung eines separaten Fachschemas für die Führung von Landbedeckung und Landnutzung.

- AdV (2018): Beschluss des AdV-Plenums P2018/6 gemäß Nr. 5.2 der GO-AdV 2018: Strategische Eckpunkte zur Einführung der nächsten Referenzversion der GeoInfoDok und zur Einführung von Landbedeckung und Landnutzung.
- AdV (2020): Erläuterungen zum Anwendungsschema Landbedeckung. [www.adv-online.de](http://www.adv-online.de), letzter Zugriff 08/2022.
- Arnold, S. (2012): Differenzierte Freirauminformationen durch Fernerkundung – Das Digitale Landbedeckungsmodell DLM-DE und Integrationsmöglichkeiten in das ATKIS Basis-DLM. In: Meinel, G., Schumacher, U., Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring IV, IÖR Schriften Band 60, Rhombos Verlag, 55–62.
- Arnold, S. (2015): Bereitstellung harmonisierter Landnutzungs- und Landbedeckungsstatistiken – Pilotstudie zur Unterstützung der europäischen LUCAS-Erhebung. In: Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Wirtschaft und Statistik (WISTA), Heft 2/2015, 67–80.
- Arnold, S., Kurstedt, R., Riecken, J., Schlegel, B. (2017): Paradigmenwechsel in der Landschaftsmodellierung – von der Tatsächlichen Nutzung hin zu Landbedeckung und Landnutzung. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 1/2017, 142. Jg., 30–37. DOI: 10.12902/zfv-0152-2016.
- Buck, O., Peter, B., Völker, A., Donning, A. (2011): Object based image analysis to support environmental monitoring under the European Habitat Directive: a case study from DECOVER. ISPRS Hannover Workshop 2011: High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information, Hannover, Germany, 14. bis 17.07.2011.
- CLC (2019): CORINE Land Cover – Europaweit harmonisierte Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten. [www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaf ten-erhalten/corine-land-cover-clc](http://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaf ten-erhalten/corine-land-cover-clc) vom 17.05.2019, letzter Zugriff 7/2022.
- EC (Europäische Kommission) (2007): Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32007L0002&from=DE>, letzter Zugriff 07/2022.
- Haubold, H. (2012): Harmonised European Land Monitoring – Ein partizipativer Prozess als europäisches Verbundprojekt. In: Meinel, G., Schumacher, U., Behnisch, M. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring IV, IÖR Schriften Band 60, Rhombos Verlag, 115–126.
- Hoberg, T. (2019): Conditional Random Fields zur Klassifikation multitemporaler Fernerkundungsdaten unterschiedlicher Auflösung. Dissertation. Veröffentlichungen der DGK, Heft Nr. 832.
- Hovenbitzer, M., Emig, F., Happe, K., Wende, C. (2015): Das neue Landbedeckungsmodell Deutschlands LBM-DE. In: Meinel, G., Schumacher, U., Behnisch, M., Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. IÖR Schriften Band 67, Rhombos Verlag, 145–154.
- INSPIRE 2019: HILUCS. [http://inspire.ec.europa.eu/codelist/HILUCS\\_Value](http://inspire.ec.europa.eu/codelist/HILUCS_Value), letzter Zugriff 07/2022.
- Keil, M., Esch, T., Divanis, A., Marconcini, M., Metz, A., Ottinger, M., Voinov, S., Wiesner, M., Wurm, M., Zeidler, J. (2015): Aktualisierung der Landnutzungs- und Landbedeckungsdaten CLC für das Jahr 2012. Umweltbundesamt, Reihe 36.
- Laggner, A. (2016): Das ATKIS-Basis-DLM in der Emissionsberichtserstattung. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 3/2016, 141. Jg., 178–183. DOI: 10.12902/zfv-0109-2016.
- LBM-DE (2018): Digitales Landbedeckungsmodell für Deutschland LBM-DE2015. Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, 12.02.2018.
- Lucas, C., Kurstedt, R. (2018): Entwicklungen zur Führung von Landbedeckung und Landnutzung in den amtlichen Geobasisdaten. In: Meinel, G.; Schumacher, U.; Behnisch, M.; Krüger, T. (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring X: Flächenpolitik – Flächenmanagement – Indikatoren. IÖR Schriften Band 76, Rhombos Verlag.
- Lucas, C., Rattmann, S., Kullmann, K.-H., Sandmann, S., Wiese, K., Kurstedt, R., Behr, C., Käker, R. (2020): Landbedeckung und Landnutzung – Realisierung neuer Geobasisdatenprodukte. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 1/2020, 145. Jg., 56–66. DOI: 10.12902/zfv-0288-2019.
- LUCAS (2019): LUCAS – Land use and land cover survey. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=LUCAS\\_-\\_Land\\_use\\_and\\_land\\_cover\\_survey#The\\_LUCAS\\_survey](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=LUCAS_-_Land_use_and_land_cover_survey#The_LUCAS_survey), letzter Zugriff 7/2022.
- Ostrau, S. (2016): Auf dem Weg zur GeoBasisDE 2030 – Ein Zwischenfazit aus kommunaler Sicht. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 4/2016, 141. Jg., 274–281. DOI: 10.12902/zfv-0130-2016.
- Retat, A., Schaffert, M. (2018): OpenStreetMap im Kontext kulturlandschaftlicher Fragestellungen. Ein Qualitätsvergleich mit Blick auf Landnutzungen und Landbedeckungen. In: zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, Heft 1/2018, 143. Jg., 36–45. DOI: 10.12902/zfv-0190-2017.
- Riecken, J. (2012): Anforderungen an das Liegenschaftskataster in Nordrhein-Westfalen. NÖV 1/2012, 27–35.

## Kontakt

Stefan Sandmann | Gregor Hochgürtel | Ruben Piroska | Christian Steffens  
 Bezirksregierung Köln, Geobasis NRW  
 Dienstgebäude: Muffendorfer Straße 19-21, 53177 Bonn  
 stefan.sandmann@brk.nrw.de  
 gregor.hochguertel@brk.nrw.de  
 ruben.piroska@brk.nrw.de  
 christian.steffens@brk.nrw.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter [www.geodaeie.info](http://www.geodaeie.info).