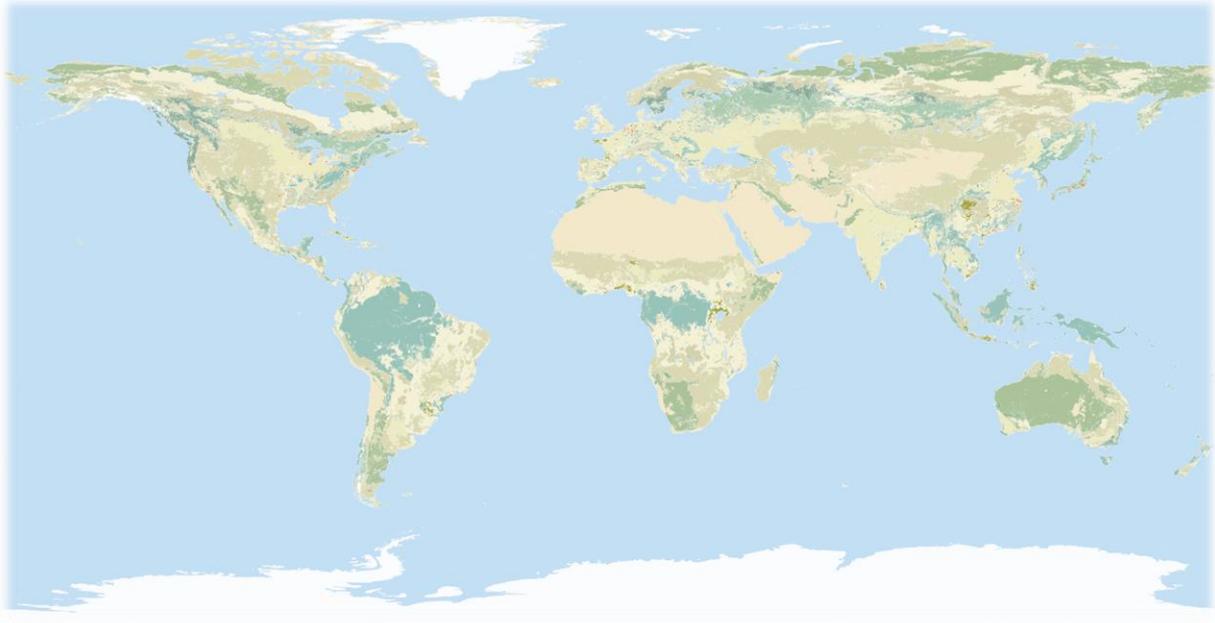


Ausarbeitung eines Kategorisierungsverfahrens der Bodenbedeckung auf Karten für zukünftige Ausgaben des Schweizer Weltatlas



Masterarbeit MSc Geomatik

Frühling Semester 2024

Studentin: Chiara Sabato (sabatoc@student.ethz.ch)

Leiter: Prof. Dr. Lorenz Hurni

Betreuer: Patrick Lehmann

Nicolas Morf

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

IKG

Institut für Kartografie
und Geoinformation

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	7
1.1	Ausgangslage	7
1.2	Zielsetzung	8
1.3	Inhaltsübersicht.....	8
1.4	Abgrenzung	9
2	Theorie	10
2.1	Der Schweizer Weltatlas.....	10
2.1.1	Geschichte der Schweizer Weltatlas.....	10
2.1.2	Vegetation und Bodenbedeckung im SWA	11
2.1.3	Einblick in älteren Ausgaben des SWA	12
2.1.4	Kommentarbuch zum SWA	13
2.2	Lehrpläne in der Schweiz	13
2.2.1	Lernziele im Geografieunterricht	14
2.2.2	Kurzfassung der Lernziele.....	15
2.3	Kriterien für die Vegetationseinteilung	16
2.3.1	Einteilung gemäss SWA-Kommentar	16
2.3.2	Biome.....	18
2.3.3	FAO Land Cover Classification System	20
2.4	Bodenbedeckung und Klassifikationsmethoden	21
2.4.1	Begriffe der Bodenbedeckung und Bodennutzung.....	21
2.4.2	Klassifikationsmethoden aus Satellitenbildern	22
2.5	Karten und Datenquellen zur Bodenbedeckung	26
3	Methodik.....	38
3.1	Überblick zum aktuellen SWA-Stand.....	38
3.2	Umfrage an Geografielehrpersonen	38
3.3	Untersuchung von zuverlässige Datenquellen.....	39
3.4	Arbeitsablauf für neue Übersichtskarten.....	40
4	Resultate	41
4.1	Analyse der bestehenden SWA-Bodenbedeckungskategorien	41
4.2	Resultate der Umfrage.....	43
4.2.1	Nützlichkeit des SWA.....	43
4.2.2	Lehrziele.....	44
4.2.3	Karte der Schweiz	45

4.2.4	Karte von Mitteleuropa	46
4.2.5	Karte von Afrika.....	46
4.2.6	Karte der Magellanstrasse	47
4.2.7	Karte der Welt	49
4.2.8	Legende der Bodenbedeckung und Vegetation	50
4.3	Auswertung der Datenquellen	51
4.4	Beschreibung eines Arbeitsablaufs.....	52
5	Diskussion.....	54
5.1	Analyse der bestehenden SWA-Bodenbedeckungskategorien	54
5.2	Kommentar zur Umfrage	56
5.2.1	Inhalt der Umfrage	56
5.2.2	Resultate der Umfrage	57
5.2.3	Empfehlungen und zukünftige SWA-Ausgaben	57
5.3	Beurteilung der Datenquellen-Auswertungsmethode.....	58
5.4	Analyse der ausgewählten Datenquellen.....	58
5.4.1	Vor- und Nachteile der Arbeitsablauf	58
5.4.2	Bodenbedeckungskategorien.....	60
5.4.3	Welt.....	62
5.4.4	Afrika.....	63
5.4.5	Mitteleuropa	65
5.4.6	Insel Fünen (Dänemark).....	66
5.5	Abschliessende Beurteilung	67
6	Fazit und Ausblick	69
6.1	Erreichung der Ziele	69
6.2	Allgemeine Schlussfolgerungen.....	69
6.3	Limitationen	70
6.4	Mögliche zukünftige Arbeiten.....	70
	Abbildungsverzeichnis	72
	Tabellenverzeichnis	74
	Referenzen	75
	Anhang	78

Vorwort

Die vorliegende Masterarbeit ist an der ETH Zürich am Institut für Kartografie und Geoinformation am Departement Bau, Umwelt und Geomatik D-BAUG verfasst worden. Mein Interesse an Karten hat mich dazu veranlasst, ein Thema aus dem Bereich der Kartographie zu wählen, und die Idee, meinen Beitrag zur Verbesserung des Schweizer Weltatlas zu leisten, hat meine Wahl noch mehr motiviert. Ich erinnere mich, dass ich im Geografieunterricht in der Schule gerne in den Seiten des Atlas blätterte und von den Karten fasziniert war. Ich schätze es, weil Kartografie präzises Arbeiten mit künstlerischer Ästhetik vereint.

Die Entwicklung eines neuen Konzepts für die Landbedeckungskarten im Schweizer Weltatlas war eine Arbeit, die aus mehreren Phasen bestand, die zu verschiedenen Arten von Ergebnissen führten. Die grösste Herausforderung war es, die einzelnen Phasen so abzustimmen, dass die Ergebnisse den Bezugspunkt für die nächste Phasen waren. Die Herangehensweise erforderte viel Kreativität, nach Lösungen zu suchen und die Beste zu bestimmen, da es für diese Arbeit keinen festen Leitfaden gab.

Für die Erstellung dieses Berichts in deutscher Sprache wurden auch auf künstlicher Intelligenz basierende Tools wie ChatGPT (OpenAI, 2024) und DeepL (DeepL, 2024) verwendet. Ein herzliches Dankeschön geht an meine Tante Simona und an Stefan, die mir geholfen haben, die Sprache des Berichts zu korrigieren. Meine grösste Danksagung geht an die Betreuer Patrick Lehmann und Nicolas Morf sowie an die Mitarbeiter Christian Häberling und Aline Wildberger, die mich während der gesamten Arbeit tatkräftig unterstützt haben. Ebenso möchte ich den Umfrageteilnehmern besonders danken, die sich die Zeit genommen haben, an der Umfrage teilzunehmen, und die wertvollen Beiträge und nützliche Rückmeldungen für die Redaktion des Schweizer Weltatlas geliefert haben.

Abstract

Die Bodenbedeckung der Übersichtskarten des aktuellen Schweizer Weltatlas (SWA) wurde aus früheren Ausgaben übernommen. Die Aktualisierung dieser Daten ist äusserst schwierig, da es eine aktuelle Datenquelle und klare Kriterien für die Kartierung der Bodenbedeckung fehlen. Zurzeit gibt es im SWA 53 Bodenbedeckungsklassen, die auf eine Einteilung nach Pflanzenformation basieren.

Die Aufgabe besteht darin, ein Konzept für die Ableitung der Bodenbedeckung aus den vorhandenen Datensätzen für zukünftige Ausgaben der SWA zu entwickeln. Das Ziel dieser Arbeit ist in drei zusammenhängende Teile gegliedert. Im ersten Teil werden genauere Informationen über die SWA Vegetations- und Bodenbedeckungskategorien analysiert. In einem zweiten Schritt werden die aktuellen und zukünftigen Anforderungen im Geografieunterricht durch eine Umfrage an Geografielehrpersonen untersucht. Der dritte Schwerpunkt strebt neue Basiskarten zu erstellen, basiert auf ein neuliches Verfahrens zur Kategorisierung der Bodenbedeckung, welches auf verschiedene Datenquellen angewendet werden kann.

Im Lichte der Resultate der verschiedenen Arbeitsphasen, hat sich ergeben, dass die gleiche Methode der Vegetationseinteilung im aktuellen SWA in keinem der online gefundenen Datenquellen zu finden ist. Drei aus den zehn untersuchten Datensätze waren am besten geeignet als Basisdaten für neue Übersichtskarten der Vegetation. Die Schritte für die Erstellung der Bodenbedeckungskarten aus der ausgewählten Datensätze wurden in Anleitungsdokumente erfasst.

Die Ergebnisse aus der Datenquellenuntersuchung dienen kombiniert mit den Antworten der Umfrage als Sprungbrett zur Verbesserung der Bodenbedeckungsinformation auf Karten in zukünftige Ausgaben des SWA.

Abkürzungsverzeichnis

BKZ	Bildungsdirektoren-Konferenz Zentralschweiz
CCI	Climate Change Initiative
CIIP	Conférence intercantonale de l'instruction publique de la Suisse romande et du Tessin
CLMS	Copernicus Land Monitoring Service
EDK	Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektorinnen und -direktoren
EROS	Earth Resources Observation and Science
ESA	European Space Agency
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
FAO	Food and Agriculture Organization
GFW	Global Forest Watch
GLAD	Global Land Analysis and Discovery
GLCC	Global Land Cover Characterization
HeiGIT	Heidelberg Institute for Geoinformation Technology
IGBP	Internationalen Geosphären-Biosphären-Programm
IKG	Institut für Kartografie und Geoinformation
LC	Land Cover
LCCS	Land Cover Classification System
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OSM	OpenStreetMap
SWA	Schweizer Weltatlas
UCL	Université catholique de Louvain
UNL	University of Nebraska-Lincoln
USGS	United States Geological Survey
WMS	Web Map Service

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Der Schweizer Weltatlas (SWA) ist ein Lehrmittel, das hauptsächlich im Geografieunterricht an Schulen verwendet wird, insbesondere in der Sekundarstufe I und II. Zu den verschiedenen Inhalten der Ausgabe 2019 gehören auch die Übersichtskarten, die aus früheren Ausgaben übernommen wurden. Die Bodenbedeckung wird auf einigen von ihnen zusammen mit anderen grafischen Elementen wie Reliefschattierungen, Ortsnamen und staatliche Grenzen dargestellt. Die abgebildeten Elemente werden in der Legende am Rand der Karte erläutert. Eine Übersicht über alle Kategorien ist in der allgemeinen Legende am Ende des SWA zu finden. Es gibt derzeit 53 Bodenbedeckungskategorien, welche sich in ihrer Darstellung durch verschiedene Farben und Muster unterscheiden.

Das Fehlen klarer Kriterien für die Bodenkartierung und die Kategorisierung der Bodenbedeckung ist derzeit ein Hindernis für eine einheitliche Darstellung auf globaler Ebene. Es ist daher notwendig, diesen Punkt zu beleuchten. Zunächst muss durch eine Vorabanalyse ermittelt werden, welche Aspekte bei den aktuellen Übersichtskarten verbessert werden können und was für den Geografieunterricht erforderlich ist. Geeignete und zuverlässige thematische Datenquellen müssen gefunden werden, aus denen aktualisierte Karten erstellt werden können. Zu diesem Zweck müssen die notwendigen Schritte zur Erstellung von Bodenbedeckungskarten festgelegt werden. Dafür gibt es weder eine vordefinierte Methode, noch Leitlinien für ein als Standard oder richtig erachtetes Verfahren.

Die unterliegende Arbeit stellt einen eigenen Ansatz zur Recherche, Analyse und Auswahl von Bodenbedeckungsdatenquellen. Bislang wurden keine ähnliche Forschungsarbeiten gefunden, die sich speziell mit der Problematik der Bodenbedeckungskategorien im Atlas befassen. Die Ergebnisse dieser Arbeit bilden einen Ausgangspunkt für die Verbesserung der Karten in künftigen Ausgaben des SWA. Dies hat nicht nur positive Auswirkungen für die Nutzer, da die Karten pädagogisch und in visueller Hinsicht wirksamer werden, sondern auch für die Autoren der Karten, die ein genau definiertes Verfahren für ihre Erstellung benutzen können.

1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Forschungsarbeit wurde motiviert durch das Fehlen eindeutiger Kriterien zur Kartierung der Bodenbedeckung sowie zu ihrer Kategorisierung. Solche Kriterien sind jedoch von essentieller Bedeutung für die Aktualisierung der Grundlagedaten künftiger Ausgaben des SWA. Diese Masterarbeit widmet sich daher der Beantwortung folgender Fragen:

- Inwieweit sind die aktuellen Bodenbedeckungskategorien des SWA sinnvoll?
- Welche aktuellen und zukünftigen Bedürfnisse hat der SWA, besonders im Kontext des Geografieunterrichts, und wie können diese in Bezug auf Übersichtskarten berücksichtigt werden?
- Welches sind die Schritte für ein Verfahren zur Kategorisierung der Bodenbedeckung, das auf Karten der Welt aus verschiedenen Quellen angewandt und zur Erstellung von Karten für künftige Ausgaben des SWA verwendet werden kann?

1.3 Inhaltsübersicht

Im Kapitel 2 «Theorie» werden historische und technische Aspekte des Schweizer Weltatlas und seines Inhalts betrachtet. Da dieses Produkt für Unterrichtszwecke verwendet wird, wird ein Überblick über die Lehrpläne in der Schweiz gegeben. Dabei werden insbesondere Themen zur Unterteilung der Vegetation und der Bodenbedeckung besprochen. Ausserdem wird ein Einblick über eine Auswahl der online verfügbaren Datensätze und deren Ursprung präsentiert.

Das Kapitel 3 «Methoden» bietet einen umfassenden Überblick über das Forschungsdesign und die Datenanalyseverfahren. Die Schritte der verschiedenen Arbeitsphasen wurden beschrieben. Zunächst erfolgt eine Analyse der aktuellen Bodenbedeckungskategorien. Anschliessend erfolgt eine Umfrage unter Geografielehrern und Experten in der Schweiz, um den Einsatz vom SWA in den Schulen und die Nutzbarkeit von Bodenbedeckungskarten zu untersuchen. Die Resultate dienen als Grundlage für die Erarbeitung des optimalen Konzepts zur Erreichung der Ziele der Arbeit. Im Anschluss erfolgt die Analyse und Anwendung zuverlässiger Datenquellen, um Informationen über die Bodenbedeckung zu zeigen. Dazu gehört die Entwicklung eines schrittweisen Kartierungsverfahrens unter Verwendung von einer GIS-Software. Im Anschluss wird ein benutzerfreundlicher Arbeitsablauf mit textlichen und grafisch illustrierten Schritten erstellt, um Basiskarten für SWA zu erhalten.

Im Kapitel 4 «Resultate» werden die vielfältigen Ergebnisse vorgestellt. Sie sind in Phasen wie in Kapitel 3 gegliedert. Die Ergebnisse der Kategorienanalyse und der Umfrage liefern wertvolle Erkenntnisse und dienen als Grundlage für die Auswertung der neu ermittelten Datenquellen.

Das Kapitel 5 «Diskussion» befasst sich mit der Zusammenführung der Ergebnisse der einzelnen Arbeitsschritte und dem Vergleich verschiedener Bodenbedeckungskarten und -kategorien, um einen geeigneten Datensatz zu ermitteln. Das Kapitel schliesst mit einer Beurteilung sowie einem Vorschlag zur Verwendung der Datenquellen.

Das Kapitel 6 «Fazit und Ausblick» gibt einem Ausblick der Endresultate und die Erreichung der Ziele sowie über mögliche künftige Schritte.

1.4 Abgrenzung

In dieser Arbeit bezieht sich die Erwähnung der «aktuellen Ausgabe» stets auf die zuletzt gedruckte Ausgabe des Schweizer Weltatlas aus dem Jahr 2019. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt vorwiegend auf den Anforderungen des Geografieunterrichts, wenngleich es möglich wäre, auch Atlas-Nutzer ausserhalb des Fachgebiets zu berücksichtigen. Der Fokus richtet sich dabei spezifisch auf Übersichtskarten, die Informationen über Vegetation und Bodenbedeckung liefern. Für den Vergleich der gefundenen Datensätze wurden sowohl Weltkarten als auch regionale Karten speziell von Afrika und Mitteleuropa verglichen.

2 Theorie

2.1 Der Schweizer Weltatlas

Der Schweizer Weltatlas ist ein umfassendes kartografischer Produkt, der wurde dem Institut für Kartographie und Geoinformation (IKG) von den kantonalen Erziehungsdirektoren übertragen. Eine Projektleitung ist für die Gesamtplanung, Finanzierung und Berichterstattung verantwortlich. Der Lehrmittelverlag Zürich ist für die Produktion und den Vertrieb zuständig. Chefredaktor ist der Inhaber der Professur für Kartographie an der ETH Zürich. Er wird inhaltlich von einer externen Beratungskommission unterstützt, die sich aus Lehrpersonen verschiedener Kantone zusammensetzt. Die Hauptarbeit wird von den Redaktionsmitgliedern geleistet. (Hurni, Schenkel, Häberling, & Grötsch, 2015)

Der SWA ist ein wertvolles Lehrmittel, das in Schulen verschiedener Typen und Stufen eingesetzt wird (Marr, 2004). Das Hauptprodukt ist die gedruckte Ausgabe, ein kartografisches Nachschlagewerk mit über 430 Karten, Satellitenbildern und anderen Abbildungen zu geografischen Themen aus aller Welt. Die Karten behandeln Themen in verschiedenen Massstäben wie Topographie, Relief, Nationen, Wirtschaft, Bevölkerungsdichte, Klima, Geologie, städtische Gebiete und andere spezifische thematische Inhalte, einschliesslich Orthofotos, Profile und Blockdiagramme. Er ist in deutscher, französischer und italienischer Sprache erhältlich. Es gibt auch eine digitale Plattform, die Karten und zusätzliches Unterrichtsmaterial bietet (Schweizer Weltatlas, 2024). Diese Ressource bereichert den Inhalt des Atlas um multimediales und interaktives Material. (Schweizer Weltatlas, 2024)

2.1.1 Geschichte der Schweizer Weltatlas

Bis 1872 war die Schweiz bei der Beschaffung von Schulatlanten vollständig vom Ausland abhängig. Diese Situation änderte sich jedoch mit der Veröffentlichung des Schulatlasses von Dr. H. Wettstein, Direktor der Normalschule Küsnacht, unter der Schirmherrschaft des Kantons Zürich. Dieses Werk, das auch in anderen Kantonen weite Verbreitung fand, wurde zu einem wichtigen Lehrmittel schweizerischer Prägung. Obwohl er zur Zeit seiner Veröffentlichung einen bedeutenden Fortschritt für die Bildung darstellte, passte sich der Atlas in den folgenden Auflagen nicht immer an die rasante Entwicklung der wissenschaftlichen Geografie und die Anforderungen der neuen Lehrmethoden an. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurde das Bedürfnis nach einem neuen Atlas laut, der der modernen Unterrichtspraxis besser entsprechen sollte. Die 1897 gegründete Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren begann bereits im folgenden Jahr mit der Suche nach Möglichkeiten, diese Lücke zu schliessen, mit dem Ziel, den Schulen ein Werk zur Verfügung zu stellen, das in seiner

Qualität mit ausländischen Atlanten konkurrieren und den schweizerischen Geist deutlich widerspiegeln konnte. Die Konferenz der Staatsräte, kantonale Erziehungsdirektoren, unterstützte die Atlasinitiative aktiv, mit Vertretern der Kantone Zürich, Bern und Genf. Prof. Dr. August Aeppli übernahm 1910 die Redaktion des Atlas, unterstützt von einer technischen Subkommission. Eine französische Ausgabe wurde 1912 und eine italienische Ausgabe 1915 veröffentlicht. (EDK, Schweizer Weltatlas, 1936)



Abbildung 1 Buchdeckel des Schweizer Weltatlas (ehemals Schweizer Schulatlas) von 1910 bis 2000 (Hurni, Schenkel, Häberling, & Grötsch, 2015)

Seit 1925 ist die Professur für Kartografie am Institut für Kartografie und Geoinformation der ETH Zürich für die redaktionelle Arbeit verantwortlich. Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Atlaseinbände im Laufe der Jahre. (Hurni, Schenkel, Häberling, & Grötsch, 2015)

Im Laufe der Jahre wurden bedeutende Überarbeitungen vorgenommen, um den Bedürfnissen der Zeit Rechnung zu tragen. So wurde 1962 die Ausgabe des Schweizerischen Weltatlas für die Sekundarstufe überarbeitet, und 1981 erschien ein Schweizerischer Weltatlas für alle Schulstufen. Im Jahr 2002 erschien die erste digital produzierte Ausgabe unter der Leitung von Prof. Ernst Spiess. Nach einer Aktualisierung und der Ergänzung durch eine interaktive Ausgabe im Jahr 2010 erschien 2017 eine neue Version des Atlas unter der Leitung von Chefredaktor Prof. Dr. Lorenz Hurni. (Schweizer Weltatlas, 2024)

2.1.2 Vegetation und Bodenbedeckung im SWA

Die Vegetations- und Bodenbedeckungskategorien der Ausgabe 2019 des Atlas wurden aus früheren Ausgaben übernommen. Diese wurden auf Übersichtskarten im Hintergrund von Elementen wie politischen Grenzen und Ortsnamen dargestellt. Insgesamt gibt es 53 Kategorien, welche in der allgemeinen Legende am Ende des Atlas aufgeführt sind. Wie in Abbildung 2 gezeigt, werden sie in verschiedenen Farben dargestellt und manchmal mit Symbolen kombiniert, um ein Muster zu erzeugen. Die Farben reichen von dunklen und hellen Grüntönen bis hin zu Braun- und Beigetönen, die den tatsächlichen Farben der entsprechenden Bodenbedeckungskategorien ähneln.

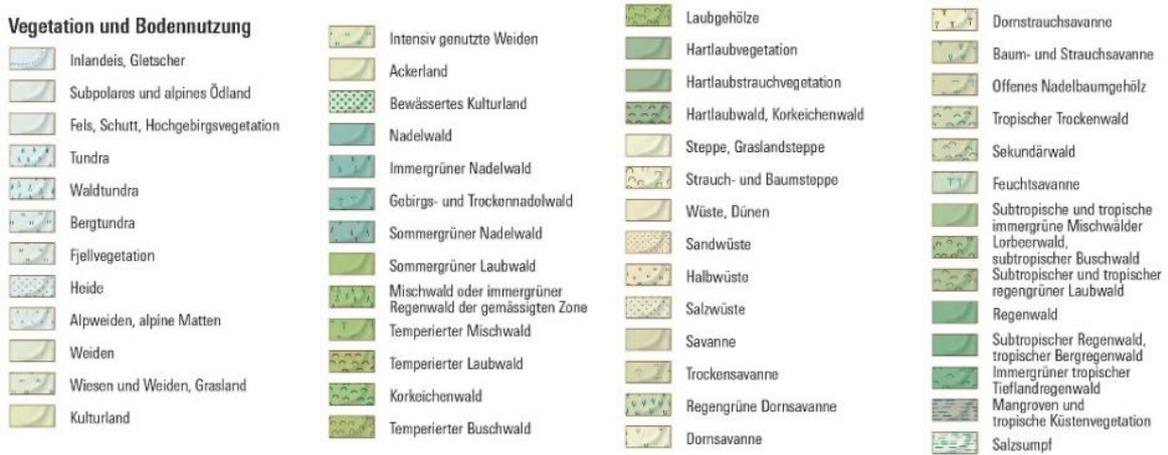


Abbildung 2 Abschnitte der Generallegende der SWA-Ausgabe 2019 (EDK, Schweizer Weltatlas, 2019)

2.1.3 Einblick in älteren Ausgaben des SWA

In den ersten Ausgaben des SWA wurde die Vegetation auf separaten Karten dargestellt. Die Vegetationskategorien wurden in auffälligen Farben dargestellt, wie die Abbildung 3 zeigt, ein Auszug aus dem Atlas von 1936 in der italienischen Version.

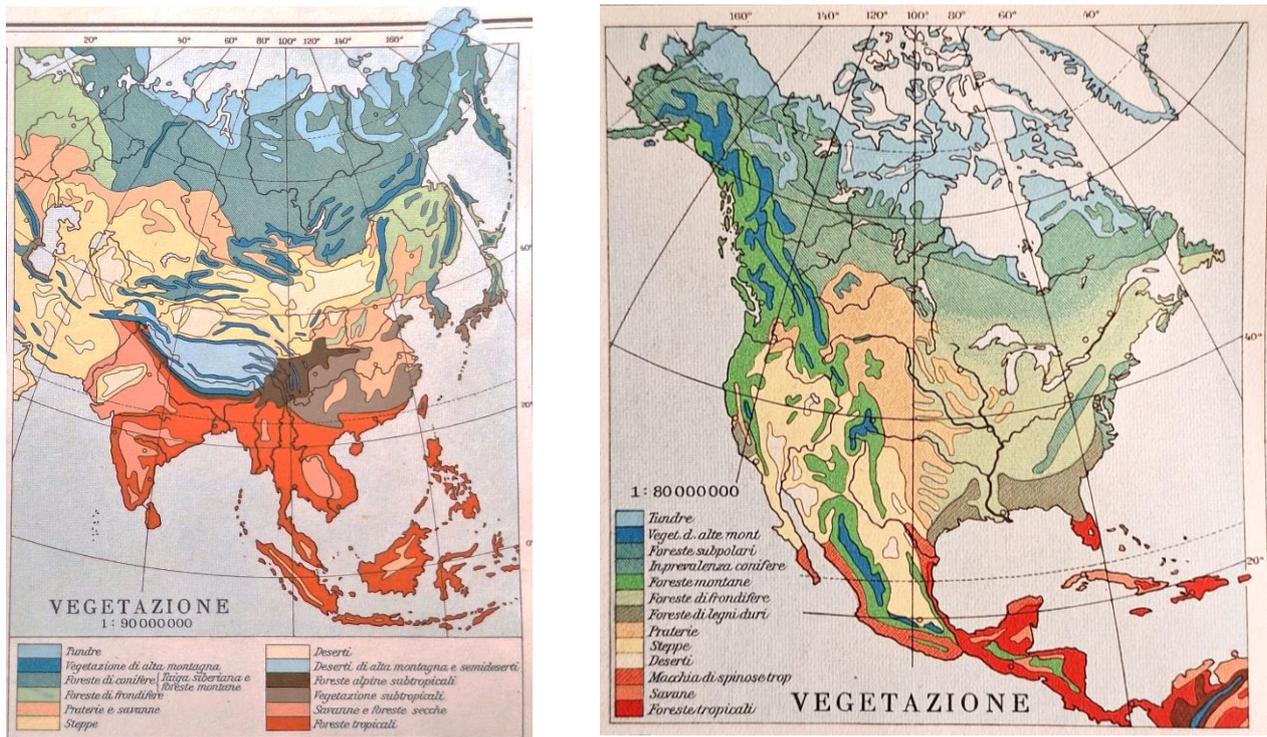


Abbildung 3 Vegetationskarte von Asien (links) und Nordamerika (rechts) (EDK, Schweizer Weltatlas, 1936)

Die gleiche Visualisierung findet sich auch in der deutschen Ausgabe von 1962, wie in Abbildung 4 zu sehen ist. Das Layout, insbesondere die Farben der Kategorien und die Position der Legende, ist etwas anders und die Zonen und Farben stimmen nicht mehr genau überein, da die Daten höchstwahrscheinlich im Laufe der Jahre aktualisiert wurden.

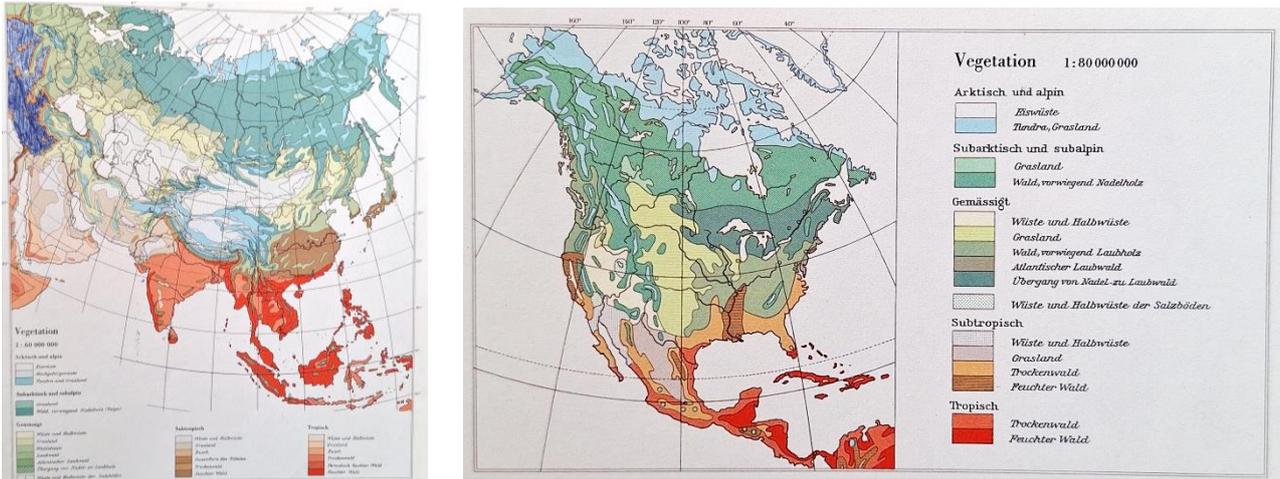


Abbildung 4 Vegetationskarte von Asien (links) und Nordamerika (rechts) (EDK, Schweizer Weltatlas, 1962)

2.1.4 Kommentarbuch zum SWA

In den Ausgaben 2002 bis 2010 wurde der Schweizer Weltatlas von einem Kommentarbuch begleitet, das den Lehrpersonen nützliche und vertiefende Informationen zur Interpretation der thematischen Karten lieferte (Schweizer Weltatlas, 2024). Dieses war jedoch nur in deutscher Sprache erhältlich. Es enthält ein Kapitel, das spezifisch der Vegetationsgeografie gewidmet ist und äusserst nützliche Informationen zum Verständnis der Gründe für die Existenz bestimmter Bodenbedeckungskategorien, ihrer Unterteilungen und Eigenschaften enthält.

Gemäss dem SWA-Kommentar zur Ausgabe 2002/4 ist das Verständnis der bestehenden oder potenziellen Vegetation in verschiedenen Regionen der Welt ein wichtiges Bildungsziel. Von besonderer Bedeutung ist das Verständnis von Schlüsselfaktoren wie Klima und Boden, die die Verbreitung der Vegetation beeinflussen, insbesondere im Zusammenhang mit der zunehmenden Interaktion des Menschen mit der natürlichen Umwelt. In einigen Fällen ist der Einfluss des Menschen deutlich sichtbar, z.B. bei der Darstellung von Anbau- oder Bewässerungsgebieten. (Marr, 2004)

2.2 Lehrpläne in der Schweiz

Die Schweiz hat kein einheitliches Schulsystem. Für die obligatorische Schule (Primar- und Sekundarstufe I) sind die Kantone zuständig, die gemäss der Bundesverfassung verpflichtet sind, wichtige Ziele und Strukturen auf gesamtschweizerischer Ebene zu harmonisieren. Es gibt verschiedene sprachregionale Lehrpläne: den *Lehrplan21* in der Deutschschweiz, den *Plan d'études romand (PER)* in der Westschweiz und den *Piano di studio* im Kanton Tessin. Im Bereich der nachobligatorischen Bildung (Sekundarstufe II und Tertiärstufe) bilden meist

interkantonale oder eidgenössische Rechtsakte die Grundlage für das Bildungsangebot. (EDK, Lehrpläne, s.d.)

2.2.1 Lernziele im Geografieunterricht

Nachfolgend sind die wichtigsten Aspekte der Lehrplanziele für Geographie in Bezug auf Vegetation und Bodenbedeckung für jede Sprachregion aufgeführt. Um diese Ziele zu erreichen, ist der Einsatz verschiedener Hilfsmittel, wie z.B. der SWA, notwendig.

- *Lehrplan21*, deutschsprachige Schweiz

Im Herbst 2014 wurde der Entwurf des *Lehrplans21* von den Deutschschweizer Bildungsdirektoren der 21 deutschsprachigen Kantone genehmigt (BKZ, s.d.). Die Ziele des Geografieunterrichts in der obligatorischen Schule sind in acht Kapiteln gegliedert.

Das erste Kapitel verlangt, dass die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, das Wetter und das Klima der Erde zu analysieren. Ein Punkt lautet: «Die Schülerinnen und Schüler können die verschiedenen Zonen der Landschaft beschreiben und die sie kennzeichnenden klimatischen Bedingungen zuordnen (z.B. Klimadiagramme). Kalte Zone, gemässigte Zone, subtropische Zone und tropische Zone; Höhenstufen; kontinentale und ozeanische Lage».

Das dritte Kapitel befasst sich mit der Analyse der Beziehungen zwischen Menschen und Umwelt, den natürlichen Systemen und ihrer Nutzung. Die Schülerinnen und Schüler müssen in der Lage sein, natürliche Systeme wie Regenwald, Meer, Gebirge und Wüsten zu charakterisieren und räumlich einzuordnen.

Der *Lehrplan21* enthält ebenfalls eine Tabelle mit Themen, die die Beziehungen zwischen den geisteswissenschaftlichen Fächern Geografie und Geschichte beschreiben. Für das Thema Landschaftsmerkmale und die Veränderungen im Laufe der Zeit wird die Kenntnis von Vegetationszonen ausdrücklich erwähnt. Auch im Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen gibt es ein Ziel bezüglich des Verständnisses der Wechselwirkung zwischen menschlichen Aktivitäten (EDK, Rahmenplan für die Maturitätsschulen, 1994).

- *Plan d'études romands (PER)*, französischsprachige Schweiz

Die *PER*-Lernziele für Geografie sind in Kapitel mit der Bezeichnung SHS (Sciences humaines et sociales) und einer Nummer unterteilt. Die Ziele SHS11 und SHS12 fokussieren auf die Fähigkeit, eine Beziehung zwischen Menschen und Raum herzustellen. Die Schülerinnen und Schüler sollen in der Lage sein, sich im räumlich-sozialen Kontext zu

orientieren und dabei natürliche und künstliche Elemente zu unterscheiden. Sie müssen fähig sein, den erlebten Raum zu beschreiben und ihn mit anderen, entfernten Orten zu vergleichen. Sie müssen auch, eine Verbindung zwischen der Realität und der graphischen Darstellung des Raumes herstellen können. Das Ziel SHS31 sieht ausserdem vor, dass die Schülern die geophysikalischen Merkmale der untersuchten Regionen erklären und sie in Bezug auf die vorhandenen Ressourcen analysieren können.

- *Piano di studio*, italienischsprachige Schweiz

Der Tessiner Lehrplan ist tabellarisch aufgebaut, wobei die Kompetenzziele in sechs geographische Prozesse unterteilt sind. GEO.III.1 erfordert die Fähigkeit, selbständig sozio-territoriale und ökologische Kriterien und Indikatoren auszuwählen, zur Beschreibung geografischer Gegebenheiten, während GEO.III.8 den bewussten Umgang mit geografischen Kommunikationsmitteln, der kontinentalen ökologischen Gliederung und den Biomen betrifft.

In den Lehrplänen der Sekundarstufe liegt der Schwerpunkt auf der physischen Geografie und der Anwendung geographischer Instrumente zur Interpretation des Territoriums. Drei Schlüsselbereiche des Wissens umfassen das Verständnis von Geosystemen in der physischen Geografie, das Verständnis der Umweltdynamik im ökologischen Bereich und die Analyse der Zusammenhänge zwischen Ressourcen, sozialer Organisation und Migration im sozioökonomischen Kontext. In ähnlicher Weise vermitteln die Lehrpläne der Wirtschaftsschulen praxisorientiertes Wissen, das sich mit der Humanökologie (den Beziehungen zwischen dem Menschen und seiner natürlichen Umwelt) befasst.

2.2.2 Kurzfassung der Lernziele

Trotz der Unterschiede in der Formulierung der Lehrpläne sind die Lernziele weitgehend ähnlich. Eine Analyse der Lehrpläne für Geografie auf Sekundar- und Hochschulebene zeigt die folgenden wichtigen Punkte in Bezug auf den möglichen Einsatz von SWA und deren Bodenbedeckungskarten:

- Beschreibung von Landschaften und Charakterisierung von Biomen;
- Verständnis der Beziehung zwischen Realität und graphischer Darstellung;
- Die Beziehung zwischen Menschen und Natur, Ressourcen und die daraus resultierenden Phänomene;
- Vergleich zwischen verschiedenen Regionen der Welt.

2.3 Kriterien für die Vegetationseinteilung

2.3.1 Einteilung gemäss SWA-Kommentar

Um zu verstehen, nach welchen Kriterien die Vegetations- und Bodenbedeckungskategorien in der aktuellen SWA erstellt wurden, kann der SWA-Kommentarbuch herangezogen werden. Dort wird erläutert, dass die Vegetation nach verschiedenen Gesichtspunkten strukturiert werden kann, und zwar wie folgt (Marr, 2004):

- Pflanzenformation

Die Pflanzen werden nach ihrer physiognomischen Beschaffenheit gruppiert. Nach dem Lexikon der Geographie (Spektrum.de, s.d.) beschreibt die Pflanzenphysiognomie das äussere Erscheinungsbild der Pflanzen in Abhängigkeit von ihrer geographischen und klimatischen Verbreitung. Das bedeutet, dass weder der Standort noch die Artenzusammensetzung für die Einstufung von Bedeutung sind. Dieser von Humboldt eingeführte Begriff ordnet die Pflanzen nach ihren kontrastierenden Formen in verschiedene Breiten- und Höhenzonen ein und trägt so zur Analyse der räumlichen Ordnung der Vegetation und der terrestrischen Landschaften bei. Die Pflanzen werden nach ihren Erbeigenschaften und Lebensbedingungen klassifiziert und in physiognomisch-ökologische Typen wie Hygrophyten und Xerophyten unterteilt. Anhand dieser physiognomischen Kriterien werden ganze Pflanzenpopulationen klassifiziert, was zum Verständnis der Pflanzenformationen beiträgt, wie in der Tabelle 1 dargestellt ist.

34%	Wälder	13%	Nadelwälder
		7%	Laub- und Mischwälder der gemässigten Breiten
		1%	Hartlaubwälder und -busch
		5%	subtropische und andere tropische Wälder
		8%	tropische Regenwälder
26%	Grasländer, lichte Baumbestände	6%	Steppen (gemässigte Klimate)
		2%	Steppen in den Subtropen
		18%	verschiedene Savannentypen
15%	Wüsten, Halbwüsten	10%	Halbwüsten
		5%	Wüsten
10%	Hochgebirge	10%	Hochgebirgsvegetation
15%	Polargebiete	4%	verschiedene Tundrentypen
		11%	Eis

Tabelle 1 Anteil der wichtigsten Formationsklassen der Vegetation der Erde (Marr, 2004)

- Wuchsform

Bäume können in unterschiedlichen Wuchsformen auftreten, wie z. B. Kronen- oder Kammform. Eine grobe Unterteilung der Bäume kann anhand verschiedenen

Wuchsformkriterien erfolgen. Dazu zählen unter anderem flach, niederliegend, kugelförmig, rundlich und kompakt, breit ausladend, breit aufrecht, schmal aufrecht und kegelförmig, säulenförmig und straff aufrecht sowie hängend. Neben der normalen Wuchsform treten bei vielen Gehölzen Mutationen mit Drehwuchs auf.

- Reichtum der Flora

Der Reichtum bezieht sich auf das Vorhandensein oder Fehlen von Pflanzengruppen in grossen Gebieten, die durch die Entstehung und Zusammensetzung des Bodens (Lithosphäre) beeinflusst werden.

- Pflanzengemeinschaften

Die Gemeinschaften werden in Klassen, Ordnungen und Verbände unterteilt. Oft haben Pflanzen innerhalb einer Gemeinschaft die gleiche Struktur und die gleichen Umweltbedingungen, wie z. B. die europäischen Wälder.

- Biome

Ein Biom bezeichnet das ökologische System eines Lebensraums, welches Pflanzen, Tiere sowie weitere abiotische Faktoren wie Niederschlag und Vegetationsdauer umfasst. Auch wenn Tiere nicht berücksichtigt werden, stehen die Biome in engem Zusammenhang miteinander. Die Entscheidung für eine Unterteilung anstelle einer anderen führt zu Inkonsistenzen und Herausforderungen bei der Kartierung von Regionen unterschiedlicher Ausdehnung. Zudem erschwert sich die Klassifizierung von Übergangszonen als anspruchsvoll.

Die Vegetationseinteilung des SWA folgt im Wesentlichen der Unterteilung nach der Pflanzenformation, wodurch sich auch Parallelen zu den Biomen und dem ökologischen Aspekt ergeben (Marr, 2004). Im SWA-Kommentarbuch befindet sich eine Tabelle (vgl. Tabelle 2), in der den verschiedenen SWA-Karten Vegetationsbegriffe aus der Generallegende zugeordnet werden.

Formationen auf SWA 176.1 Erde, Vegetation	Begriffe der Generallegende SWA 191.1	regionale Zusatzbezeichnungen	Formationen auf SWA 176.1 Erde, Vegetation	Begriffe der Generallegende SWA 191.1	regionale Zusatzbezeichnungen
Inlandeis, Gletscher	Inlandeis, Gletscher	Ausgedehnte Gletschergebiete SWA 142.1	Trockensteppen		Bairsteppe, alpine Tundra SWA 156.1
Kaltewüsten	Subpolares und alpines Odland	Kaltewüste SWA 168.1, 174.1	Halbwüsten und Wüsten	Wüste, Dünen Sandwüste Halbwüste Salzwüste Salzsumpf	Steinwüste SWA 102.1
Tundren, alpine Tundren und Grasfluren	Tundra Bergtundra Fjellvegetation Alpweiden, alpine Matten	Eisfreie Gebiete jenseits der Wald- und Kältengrenze SWA 142.1 Subpolare und alpine Tundra SWA 142.1 Hartpolstertundra SWA 164.4, 169.1	Dornsavannen, Dornstrauch- und Sukkulenteformationen	Strauch- und Baumsteppe Savanne Regengrüne Dornsavanne Dornsavanne Dornstrauchsavanne	Oberschwemmungssavanne SWA 102.2 Regengrüne Dornbaumsavanne SWA 118.1, 124.1 Akaziensavanne SWA 134.1
Subpolare Wiesen und sommergrüne Gehölze	Waldtundra	Niederer Birkenwald SWA 56.1 Moore und immergrüne Gehölze SWA 164.4	Trockensavannen	Trockensavanne	Pinienwald SWA 134.1 Baumsavanne / Trockensavanne SWA 104.1 Anthropogene Grasländer SWA 120.1
Immergrüne Nadelwälder	Immergrüner Nadelwald Nadelwald		Trockenwälder und Campos Cerrados	Baum- und Strauchsavanne Tropischer Trockenwald	Dornbaum- und Sukkulente Wald SWA 160.1 Dornbaumsavanne / Dornbaumwald SWA 104.1 Trockenwald SWA 142.1, 156.1 Regengrüner Trockenwald SWA 134.1
Sommergrüne Nadelwälder	Sommergrüner Nadelwald	Lärchenwald SWA 62.1, 124.1	Feuchtsavannen	Feuchtsavanne	Feuchtsavanne mit lockerem Wald SWA 134.1
Temperierte Regenwälder	Mischwald oder immergrüner Regenwald der gemäßigten Zone Temperierter Laubwald	Temperierter Mischwald SWA 118.1, 124.1 Montaner Laubwald SWA 160.1	Monsunwälder	Subtropischer und tropischer regengrüner Laubwald	Regengrüne Monsun- und Trockenwälder SWA 118.1, 120.1, 124.1
Gebirgsnadelwälder	Gebirgs- und Trockennadelwald Offenes Nadelbaumgehölz	Offenes Gehölz SWA 142.1	Tropische halbimmergrüne Regenwälder	Subtropischer Regenwald	Tropische und subtropische Wälder SWA 142.1 Tropische und subtropische immergrüne Mischwälder SWA 142.1
Laub- und Mischwälder	Temperierter Mischwald	Auenwald SWA 168.1	Tropische immergrüne Regenwälder	Immergrüner tropischer Tieflandregenwald Tropischer Bergregenwald Regenwald *Sekundärwald	Sumpfwald SWA 120.1 Tropischer Regenwald SWA 100.1, 102.2
Sommergrüne Laubwälder	Sommergrüner Laubwald Temperierter Buschwald Laubgehölze	Laubwald SWA 4.1, 36.1, 44.1, 50.1, 56.1, 68.1, 76.1	Gebirgszüge	Fels, Schutt, Hochgebirgsvegetation	Fels und Schutt SWA 56.1, 169.1 Hochgebirgssteppe SWA 160.1 Gebirgsvegetation SWA 102.1, 104.2 Odland SWA 44.1
Hartlaubvegetation	Korkeichenwald Hartlaubvegetation Hartlaubstrauchvegetation Hartlaubwald, Korkeichenwald	Hartlaubgehölz SWA 142.1 Hartlaubgestrüpp SWA 134.1 Mediterraner Wald SWA 102.1	Mangroven	Mangroven und tropische Küstenvegetation	
Subtropische Regenwälder	Subtropische und tropische immergrüne Mischwälder Lorbeerwald, subtropischer Buschwald				
Sommergrüne Baumsteppen					
Übergangs- und Schwarzerdesteppen (Prärien)	Weiden Wiesen und Weiden, Grasland Kulturland Intensiv genutzte Weiden Ackerland Bewässertes Kulturland Steppe, Graslandsteppe	Sumpf, Hochmoor SWA 44.1, 50.1 Sumpf, Moor SWA 74.1, 76.1 Tiefenlandsteppe SWA 169.1 Hochgebirgssteppe SWA 160.1			

Tabelle 2 Zuordnung von Vegetationsbegriffen in verschiedenen SWA-Karten (Marr, 2004)

2.3.2 Biome

Um die für die SWA gewählte Unterteilung besser nachvollziehen zu können, ist es erforderlich, sich mit der Charakterisierung von Biomen vertraut zu machen, da diese eng mit der Entstehung der Vegetation verbunden sind. Des Weiteren sind Biome in der wissenschaftlichen Literatur umfassender erforscht und definiert.

Die Biome entsprechen den kontinentalen Landschaften, d. h. den Landschaften, die grosse Gebiete auf den verschiedenen Kontinenten kennzeichnen. In Abhängigkeit von der Klimazone sowie der Höhenlage erfolgt eine Differenzierung der Biome. Dabei stellen die Niederschlagsmenge sowie die Temperatur die wesentlichen Einflussfaktoren dar. Letztere variiert in der nördlichen Hemisphäre linear um etwa 0,6 °C pro Breitengrad. Für die Biome existiert bislang keine standardisierte Unterteilung. (Wikipedia, Bioma, 2024)

Im Jahr 1998 präsentierte der WWF ein Klassifizierungsschema für terrestrische Biome mit der Bezeichnung «Global 2000», welches im Jahr 2002 einer Überarbeitung unterzogen wurde. Das Schema klassifiziert Biome anhand mehrerer Merkmale. Dazu zählt die Zusammenfassung aller Regenwälder (äquatoriale, tropische und gemässigte Wälder) in einer Kategorie ebenso wie die Identifizierung von Biomen, die typisch für hochgelegene Gebiete sind (tropische und subtropische Nadelwälder, gemässigte Nadelwälder und Berggrasland und Buschland). Des Weiteren wurden Biome mit begrenzter räumlicher Ausdehnung eingeführt, wie beispielsweise Mangroven und überschwemmte Grasländer und Savannen. Insgesamt umfasst das System 14 Biome, welche im Folgenden aufgeführt sind und auf Abbildung 5 auf einer Weltkarte dargestellt sind:

- 1) ■ Tropische und subtropische Laubwälder: kombiniert alle Regenwälder der vorherigen Systeme: äquatorialer Regenwald, tropischer Regenwald und gemässigter Regenwald;
- 2) ■ Tropische, subtropische und Monsun-Trockenwälder: entspricht dem Monsunwald und dem Dschungel;
- 3) ■ Tropische und subtropische Nadelwälder: Hochgebirgsbiom, das in den vorherigen Schemata keine Entsprechung hat;
- 4) ■ Gemässigte Laub- und Mischwälder: entspricht den gemässigten Laubwäldern in den vorhergehenden Schemata;
- 5) ■ Gemässigte Nadelwälder: Höhenbiom, das in den vorhergehenden Schemata keine Entsprechung hat;
- 6) ■ Taiga;
- 7) ■ Tropisches und subtropisches Grasland, Savannen und Buschland: entspricht der Savanne der vorherigen Schemata;
- 8) ■ Grasland, Savannen und Buschland der gemässigten Zone: entspricht der Steppe und Prärie der vorangegangenen Regelungen;
- 9) ■ Überschwemmungsgrasland und -savannen: Biome mit begrenzter territorialer Ausdehnung, die nicht den vorherigen Schemata entsprechen;
- 10) ■ Gebirgsgrasland und -gebüsch: Hochgebirgsbiom, das die Hochgebirgsvegetation, die alpine Tundra und die mit niedrigen Sträuchern bewachsenen Gebirgsgebiete umfasst; keine Entsprechung in den früheren Schemata;

- 11) ■ Tundra;
 - 12) ■ Wälder, Waldgebiete und Buschland: entspricht den Sklerophyllwäldern, Buschland und anderen mediterranen Vegetationstypen in den früheren Schemata;
 - 13) ■ Wüsten und xerophiles Gestrüpp: kombiniert die heissen und kalten Wüsten der vorhergehenden Schemata;
 - 14) ■ Mangroven: Biom von begrenzter territorialer Ausdehnung, das in den früheren Schemata keine Entsprechung hat;
- Polarkappe (zählt nicht als Biom).

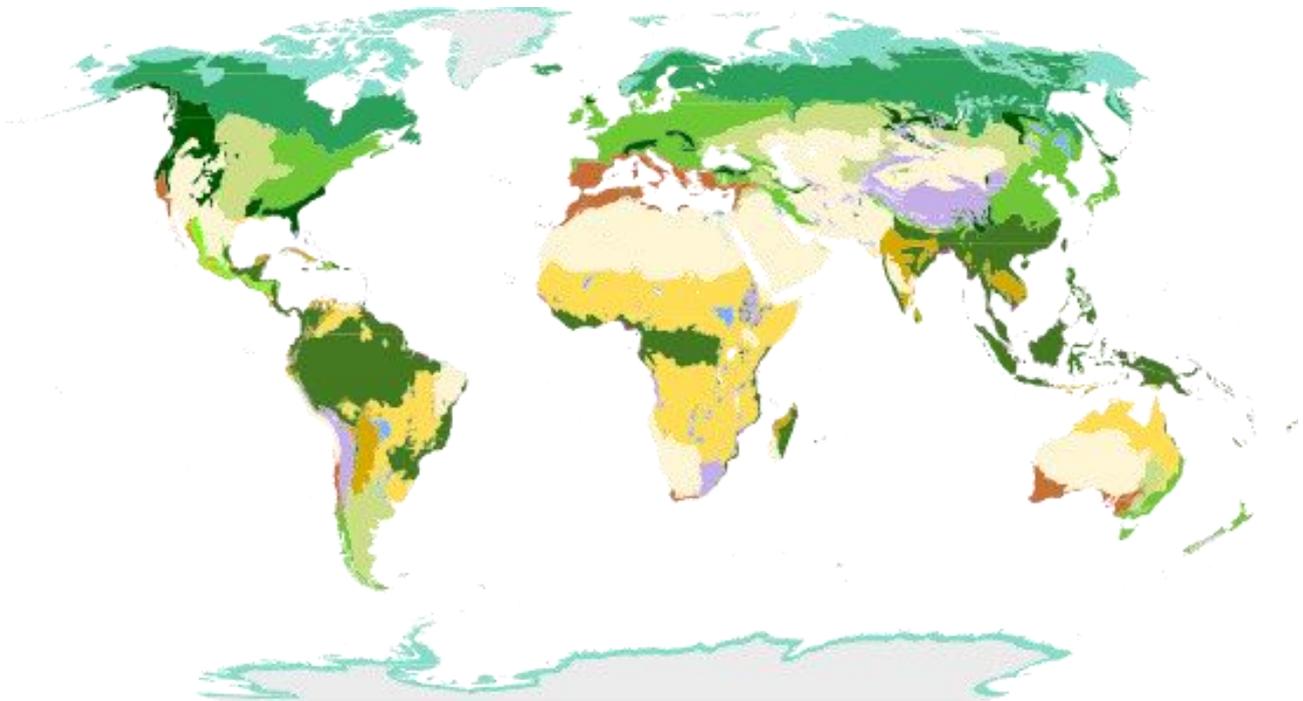


Abbildung 5 Karte der terrestrischen Biome gemäss «Global 2000» (Terpsichores)

2.3.3 FAO Land Cover Classification System

Das FAO Land Cover Classification System (LCCS) stellt ein umfassendes Rahmenwerk dar, welches von der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) zur systematischen Klassifizierung der Landbedeckung entwickelt wurde. Zu den wesentlichen Zielsetzungen des FAO LCCS zählt die Bereitstellung eines standardisierten Systems, das weltweit Anwendung findet. Das System zeichnet sich durch Flexibilität und Konsistenz aus und bietet einen standardisierten Ansatz zur Kategorisierung von Landbedeckungsarten in unterschiedlichen Regionen und Massstäben. (FAO, 2016)

Das System basiert auf einer hierarchischen Struktur, welche eine Klassifizierung auf verschiedenen Detailebenen ermöglicht. Diese reichen von allgemeinen Kategorien bis hin zu

spezifischeren Typen, sodass eine Adaption der Klassifizierung an unterschiedliche Bedürfnisse und Kontexte gewährleistet ist. LCCS verfolgt einen modularen Ansatz, der eine Kombination der Module gemäss den Anforderungen des Benutzers ermöglicht. Das System ist dynamisch angelegt, sodass bei Vorliegen neuer Informationen und Technologien eine Aktualisierung und Verfeinerung erfolgen kann. Dies gewährleistet, dass die Klassifizierung im Zeitverlauf Relevanz und Präzision bewahrt. Die Klassifizierung basiert auf einer Reihe von Diagnosekriterien, d. h. auf beobachtbaren Merkmalen der Bodenbedeckung. Das LCCS ist in drei Klassifizierungsebenen unterteilt (FAO, 2016):

1. Basisebene:

Sie dient der Einteilung der Bodenbedeckung in grobe Kategorien. Dazu zählen beispielsweise die folgenden Typen: Wald, Grasland, Feuchtgebiete, Ackerland und künstliche Flächen.

2. Mittlere Ebene

Sie bietet detailliertere Kategorien innerhalb der allgemeinen Typen. So kann der Typ «Wald» in immergrüne Wälder, Laubwälder und Mischwälder unterteilt werden.

3. Detaillierte Ebene:

Sie ermöglicht noch feinere Unterscheidungen, wie z. B. die Unterteilung bestimmter Arten von immergrünen Wäldern wie tropische Regenwälder und boreale Wälder.

2.4 Bodenbedeckung und Klassifikationsmethoden

2.4.1 Begriffe der Bodenbedeckung und Bodennutzung

Bodeninformationen können entweder auf Basis wissenschaftlicher Daten, welche vor Ort erhoben wurden, oder unter Zuhilfenahme von Materialien wie Luft- oder Satellitendaten abgeleitet werden. Im Folgenden werden einige Begriffe rund um die Themen Bodenbedeckung und Bodennutzung erläutert und gängige Klassifikationsmethoden erläutert, um ein besseres Verständnis der Zusammenhänge zu ermöglichen. Diese basieren auf der Vorlesung «Erdbeobachtung», die im Herbstsemester 2019 an der ETH Zürich stattgefunden hat (Baltsavias, 2019).

- Bodenbedeckung (Land-Cover):

Dieser Bereich befasst sich mit der Vielfalt der Objekte oder Klassen, die die Oberfläche eines Gebietes bedecken, sei es Land oder andere Elemente. Das Ziel besteht darin,

die verschiedenen Arten der Bodenbedeckung zu identifizieren, unabhängig davon, ob es sich um natürliche Vegetation, Wasser, Bebauung oder andere Merkmale handelt.

- **Bodennutzung (Land-Use):**

Die Art und Weise, wie der Mensch den Raum nutzt, beeinflusst durch politische und sozioökonomische Faktoren. Die Bodennutzung ist eng mit der Raumplanung verbunden und hat einen direkten Einfluss auf die Bodenbedeckung. Die Analyse der Landnutzung ermöglicht es, die menschlichen Aktivitäten und Entscheidungen zu verstehen, die die Landschaft formen.

- **Änderungserkennung (Change Detection):**

Diese Methode befasst sich mit der Identifizierung von Veränderungen in der Bodenbedeckung und Bodennutzung im Laufe der Zeit oder von einzelnen Objekten.

Diese Analysen werden in der Regel zweidimensional durchgeführt, aber die Berücksichtigung zeitlicher Veränderungen der Landschaft (eine weitere Dimension) gewinnt zunehmend an Bedeutung. Für einige Objekte kann auch die räumliche dritte Dimension relevant sein, insbesondere wenn es um vertikale Veränderungen geht.

Ein Klassifikationssystem wird häufig zur Überwachung von Umweltveränderungen wie Entwaldung, Wüstenbildung und Stadtentwicklung eingesetzt. Durch die Bereitstellung eines einheitlichen Rahmens hilft es bei der Verfolgung dieser Veränderungen im Laufe der Zeit. Regierungen und Organisationen nutzen solche Informationen für die Landverwaltung und -planung. Es hilft dabei, fundierte Entscheidungen über Landnutzungspolitik, Naturschutzbemühungen und nachhaltige Entwicklung zu treffen. Standardisierte Systeme erleichtern die Integration von Daten aus verschiedenen Quellen und erhöht so die Zuverlässigkeit der Forschungsergebnisse.

2.4.2 Klassifikationsmethoden aus Satellitenbildern

Für die Klassifizierung von Satellitenbildern werden verschiedene Verfahren eingesetzt. Klassische (ältere) Verfahren basieren auf der multispektralen Klassifikation, bei der mehrere Kanäle (Bänder) des elektromagnetischen Spektrums verwendet werden. In den letzten Jahren haben sich komplexere Algorithmen wie Neuronale Netze, Support Vector Machines (SVM), Random Forests etc. als besonders leistungsfähig erwiesen. Ein herausragendes Beispiel ist der Einsatz von Deep Learning und künstlicher Intelligenz, insbesondere von Convolutional Neural Networks und anderen Netzwerken. Die meisten Methoden erzeugen «weiche» (Soft) Ergebnisse, die jedoch häufig zu «harten» (Hard) Klassifikationen

weiterverarbeitet werden. Soft- und Hard-Klassifikation sind zwei unterschiedliche Ansätze zur Interpretation von Klassifikationsergebnissen in der Fernerkundung und Bildverarbeitung.

- **Hard-Klassifikation:**

Bei der Hard-Klassifikation werden jedem Pixel oder Objekt in einem Bild eine einzige, diskrete Klasse zugeordnet (siehe Abbildung 6). Jeder Pixel wird also einer bestimmten Klasse zugeordnet, ohne dass die Wahrscheinlichkeit oder Unsicherheit dieser Zuordnung angegeben wird. Dies bedeutet, dass jeder Pixel eindeutig einer bestimmten Landnutzung oder Landbedeckung zugeordnet wird, ohne dass weitere Unterscheidungen getroffen werden.

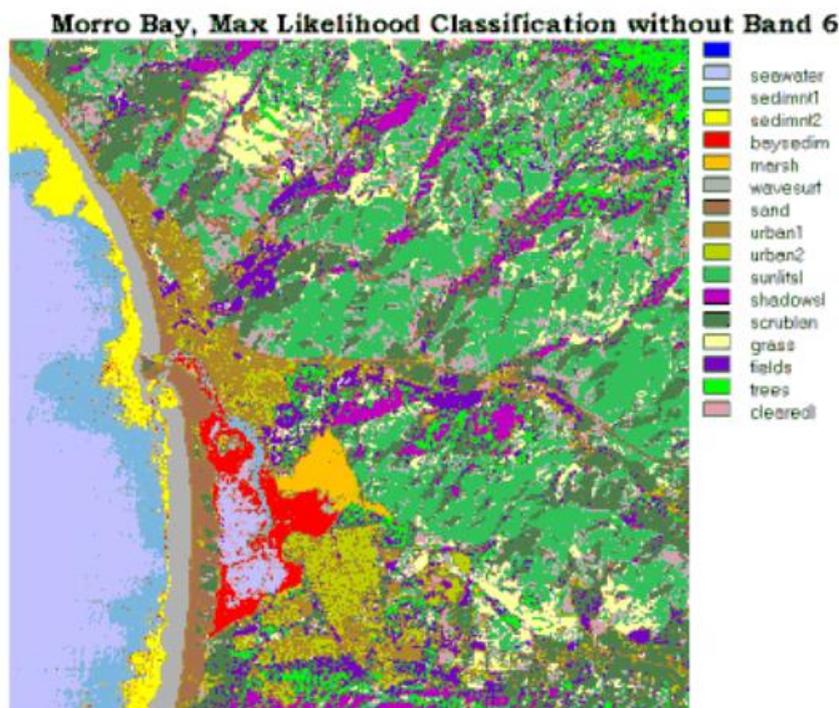


Abbildung 6 Beispiel von Hard-Klassifikation: jeder Pixel wird einer Klasse zugewiesen (Baltsavias, 2019)

- **Soft-Klassifikation:**

Im Gegensatz dazu liefert die Soft-Klassifikation für jeden Pixel oder Objekt eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über alle möglichen Klassen (Abbildung 8). Statt nur einer einzigen Klasse wird jedem Pixel eine Wahrscheinlichkeit für jede mögliche Klasse zugeordnet. Dadurch erhält man Informationen darüber, wie sicher oder unsicher die Klassifikation für jedes Pixel ist. Die Soft-Klassifikation ermöglicht eine feinere Analyse und kann helfen, Unsicherheiten in den Ergebnissen zu erkennen und zu quantifizieren.

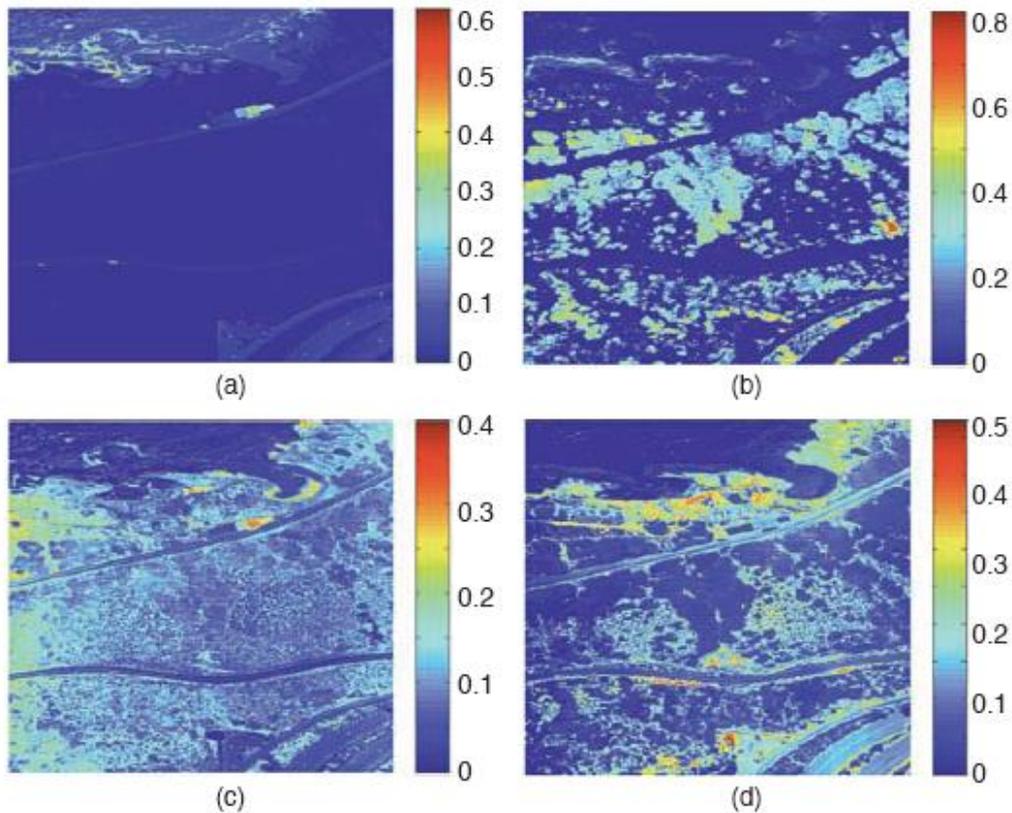


Abbildung 8 Beispiel von Soft-Klassifikation: Wahrscheinlichkeit (% der Pixelfläche) von vier Klassen. Keine eindeutige Zuweisung jedes Pixels zu einer Klasse (Baltsavias, 2019)

Neben pixelbasierten Klassifikationsverfahren gewinnen auch objekt- oder segmentbasierte Ansätze an Bedeutung. Die Segmente sind homogene Regionen, je nach den Parametern der Segmentierung-Methode, werden mehr oder weniger Segmente gefunden, wie Abbildung 7 zeigt.



Abbildung 7 Beispiel von segment-basierte Klassifikation (Baltsavias, 2019)

Die Klassifikation ist stark abhängig von der geometrischen Auflösung (Bodenpixelgröße oder Ground Sampling Distance) und der spektralen Auflösung (vor allem von der Anzahl der Kanäle) der Bilder. Abbildung 9 zeigt einen Vergleich zwischen segment- und pixelbasierter Klassifikation für dieselbe Region.

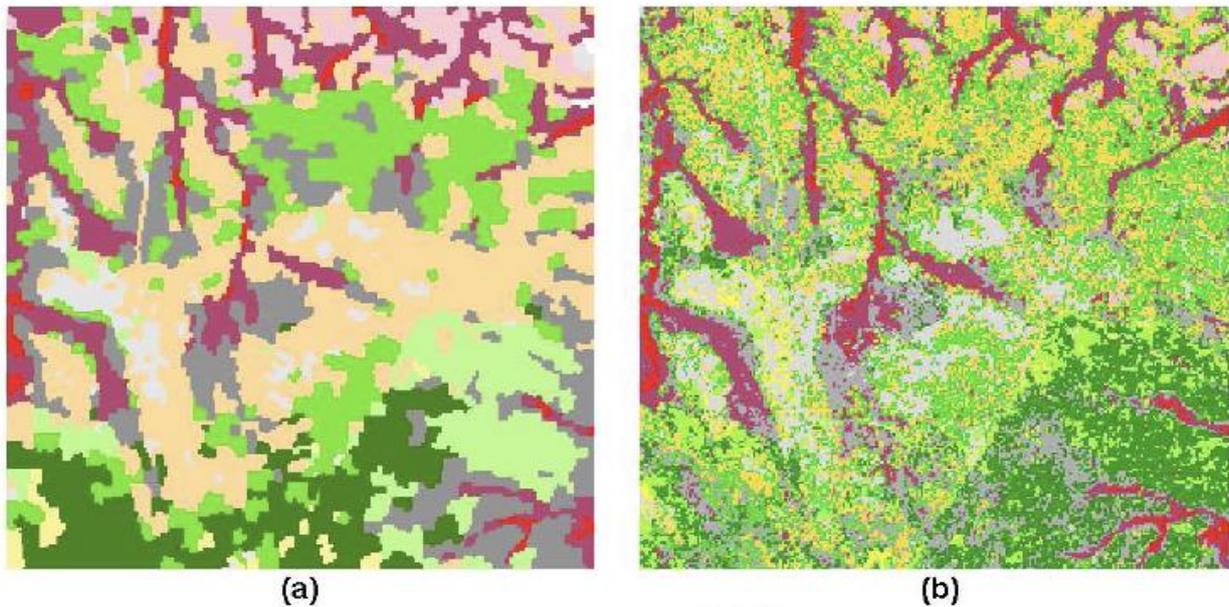


Abbildung 9 Vergleich zwischen Segment- (links) versus pixel-basierter (rechts) Klassifikation (Baltsavias, 2019)

Die Reflexionseigenschaften verschiedener Objekte können mithilfe von Sensoren mit einer geeigneten Anzahl von Kanälen analysiert werden, um eine optimale Trennung zwischen den Klassen zu erreichen. Abbildung 10 weist einige Bodenbedeckungsklassen als Funktion der Signalwellenlänge und der Reflexion aus.

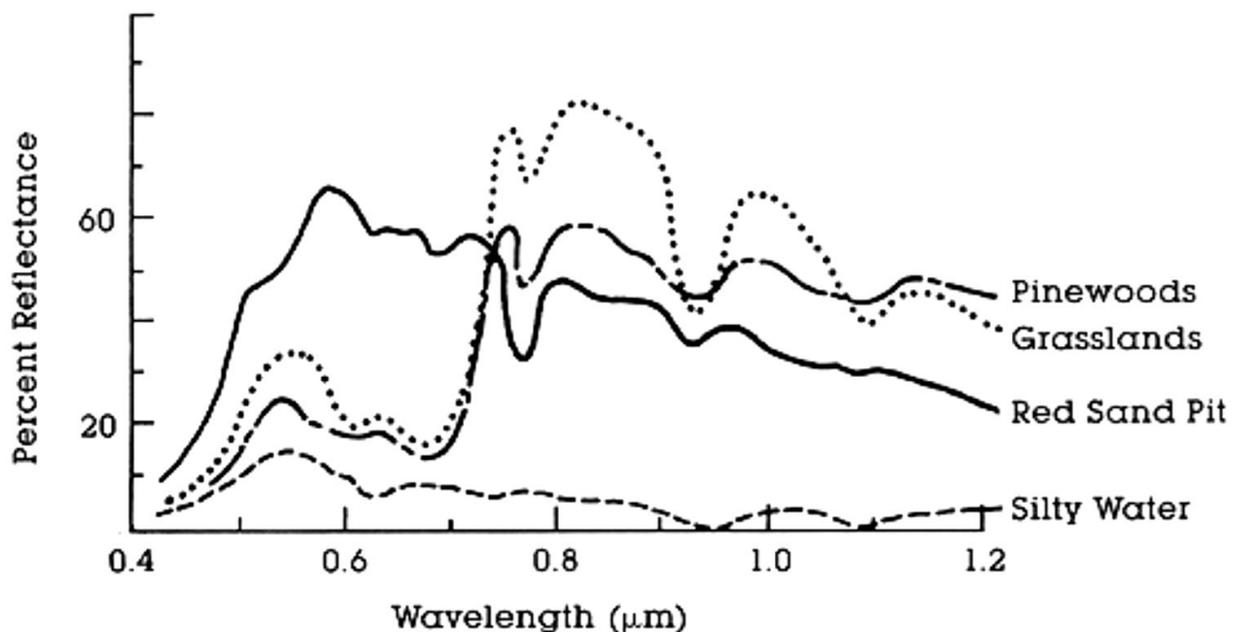


Abbildung 10 Graphische Darstellung des Reflexionsgrads in Abhängigkeit von der Wellenlänge und der Klassifizierung (Baltsavias, 2019)

Bei der unüberwachten Klassifikation (Clustering) ist die Festlegung der Anzahl der Klassen entscheidend: zu viele erschweren die Trennung, zu wenige führen zur Gruppierung. Zuvor wird die Trennbarkeit visuell oder statistisch geprüft. Die Clusterbestimmung erfolgt iterativ, ähnlich der Bildsegmentierung. Die Clusterszuordnung zu Klassen kann manuell oder

automatisch erfolgen, wenn Referenzdaten vorhanden sind. Trainingsgebiete helfen bei der Qualitätsüberprüfung der Ergebnisse und die Bestimmung der Anzahl trennbarer Klassen. Oft benutzte Algorithmen für Clustering sind ISODATA und K-Means.

Bei der überwachten Klassifizierung werden aus den Eingabebildern für jede Klasse homogene Trainingsbereiche ausgewählt, die möglichst repräsentativ für alle Objekte der Klasse sind. Die spektralen Daten werden durch einen Algorithmus geprüft, um die Trennbarkeit der Klassen sicherzustellen, und gegebenenfalls angepasst. Die abgeleiteten Eigenschaften werden dann auf die Bilder angewendet, um die Pixel zu klassifizieren. Die beschriebenen Schritte sind in der Abbildung 11 schematisch zusammengefasst.

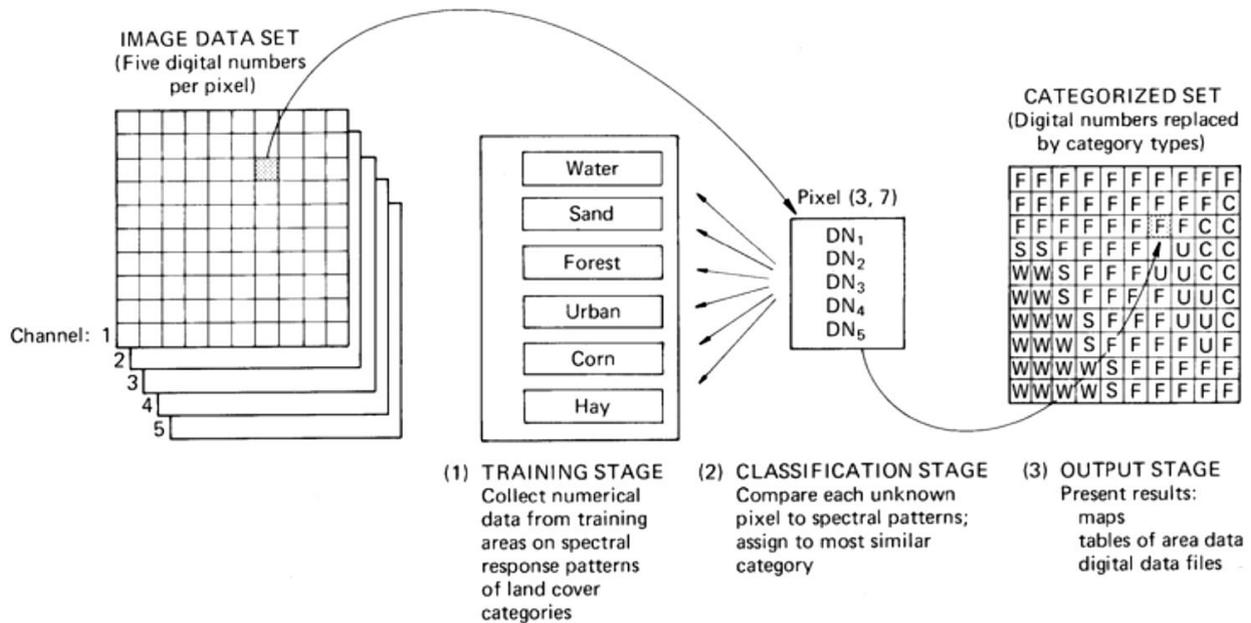


Abbildung 11 Typische Prozedur für überwachte Klassifikation (Lillesand, 2000)

2.5 Karten und Datenquellen zur Bodenbedeckung

Im Rahmen dieser Studie wurde eine Suche nach Online-Portalen durchgeführt, auf denen Daten zur Bodenbedeckung weltweit verfügbar sind. Die gesuchten Datenquellen basierten auf Satellitenbildern, auf die Klassifizierungsalgorithmen angewendet wurden. Im Folgenden erfolgt eine Übersicht sowie eine kurze Beschreibung einer Vielzahl an Datenquellen, welche im Online-Artikel «10 Best Free Land Cover/Land Use Data» (GISGeography) erörtert werden.

1) Climate Change Initiative (CCI)



Abbildung 12 Screenshot des ESA/CCI Online-Viewers (Geoportal of Geomatics, s.d.)

Die CCI ist ein Projekt der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) dessen Ziel es ist, das Potenzial der globalen Langzeit-Erdbeobachtungsarchive voll auszuschöpfen. In der ersten Phase des CCI-Projekts wurden drei konsistente globale Landbedeckungsprodukte für die Zeiträume 1998–2002, 2003–2007 und 2008–2012 erstellt. Die zweite Phase des CCI-Projekts, welche im März 2014 begann, resultierte in neuen und verbesserten Produkten. Hierbei handelt es sich um globale jährliche und konsistente Landbedeckungskarten, welche den Zeitraum von 1992 bis 2015 abdecken.

Ein wesentlicher Aspekt der CCI-Land Cover (LC) Karten ist ihre konsistente Darstellung im Zeitverlauf. Dies bedingt, dass die jährlichen Karten nicht unabhängig voneinander erstellt werden, sondern dass sie von einer einzigen LC-Basiskarte abgeleitet werden. Die Basiskarte wurde unter Verwendung des gesamten MERIS¹-Archivs für den Zeitraum von 2003 bis 2012 erstellt. Das Klassifizierungsmodul, welches die Basiskarte erstellt, wurde von der Université catholique de Louvain (UCL) entwickelt. Das Modul stützt sich auf die unüberwachte Klassifizierungskette GlobCover sowie auf einen Algorithmus für maschinelles Lernen und eine Mehrjahresstrategie. Dadurch konnte sowohl der spektrale als auch der zeitliche Reichtum der MERIS-Zeitreihen gewährleistet werden. Das Modul zur Änderungserkennung der Bodenbedeckung ist operativ unabhängig vom Klassifizierungsmodul. Das Verfahren umfasst zwei aufeinanderfolgende Schritte: zunächst die Erkennung von Veränderungen in 1 km Abstand, anschliessend die Abgrenzung von Veränderungen in einem Abstand von 300 m. Die letzten jährlichen Klassifizierungen von 2014 bis 2015 wurden aus

¹Das Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) war ein programmierbares Spektrometer an Bord der ESA Envisat-Mission (2002-2012), das im Bereich des Sonnenreflexionsspektrums arbeitete.

PROBA-V²-Zeitreihen abgeleitet. Der Algorithmus zur Erstellung der Bodenbedeckungskarten beinhaltet vier Qualitätskennzeichen, die die Zuverlässigkeit der Klassifizierung und Veränderungserkennung anzeigen. Die Genauigkeit der CCI-LC-Karte von 2015 wurde anhand des GlobCover-Validierungsdatensatzes 2009 bewertet. Abbildung 12 illustriert die Benutzeroberfläche des online verfügbaren Viewers.

² Der von der ESA betriebene Kleinsatellit PROBA-V (V steht für Vegetation) wurde für eine Vielzahl von Anwendungen entwickelt, darunter Landnutzung, weltweite Vegetationsklassifizierung, Ernteüberwachung, Hungersnotvorhersage, Ernährungssicherheit, Katastrophenüberwachung und Biosphärenstudien (Wikipedia, PROBA-V, s.d.).

2) Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)

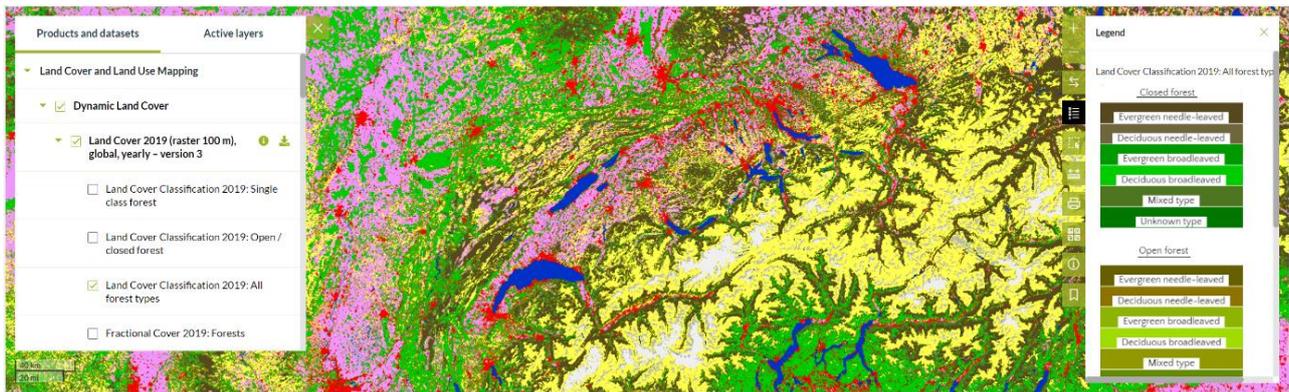


Abbildung 13 Screenshot der Karte der Dynamics Land Cover, all forest types (COPERNICUS, kein Datum)

Das CLMS Land Cover and Land Use Mapping stellt Klassifizierungen der Bodenbedeckung auf verschiedenen Detailebenen bereit. Auf gesamteuropäischer Ebene werden diese durch detaillierte Schichten zu Bodenbedeckungsmerkmalen wie Undurchlässigkeit, Wälder, Grünland, Wasser und Nässe sowie kleine Gehölzstrukturen ergänzt. Auf globaler Ebene erfolgt die Bodenbedeckungskartierung gemäss dem modular-hierarchischen Bodenbedeckungsklassifikationssystem der FAO (FAO, 2016). Abbildung 13 zeigt einen Ausschnitt des offiziellen Online-Viewer.

Der PROBA-V-Satellit liefert hierfür 100-m-Daten zur Erstellung dynamischer Landbedeckungskarten für die Jahre 2015 bis 2019. Die erste Version der Landbedeckungskarte, publiziert im Juli 2017, fokussierte sich auf Afrika im Jahr 2015. Im Mai 2019 erfolgte die Publikation der zweiten Datensammlung, gefolgt von Algorithmus V3.0 zur Verbesserung der zeitlichen Konsistenz. Die Kartierung umfasst die folgenden Arbeitsschritte: Vorverarbeitung, Datenbereinigung, Datenfusion, überwachte Klassifizierung und zeitliche Bereinigung. Es werden insgesamt zehn Kategorien unterschieden, wobei eine Kategorie für keine Daten vorgesehen ist. Zusätzlich werden sechs Kategorien für geschlossene und offene Wälder nach Blattart gebildet. (Buchhorn, et al., 2020)

3) ESA WorldCover 10 m

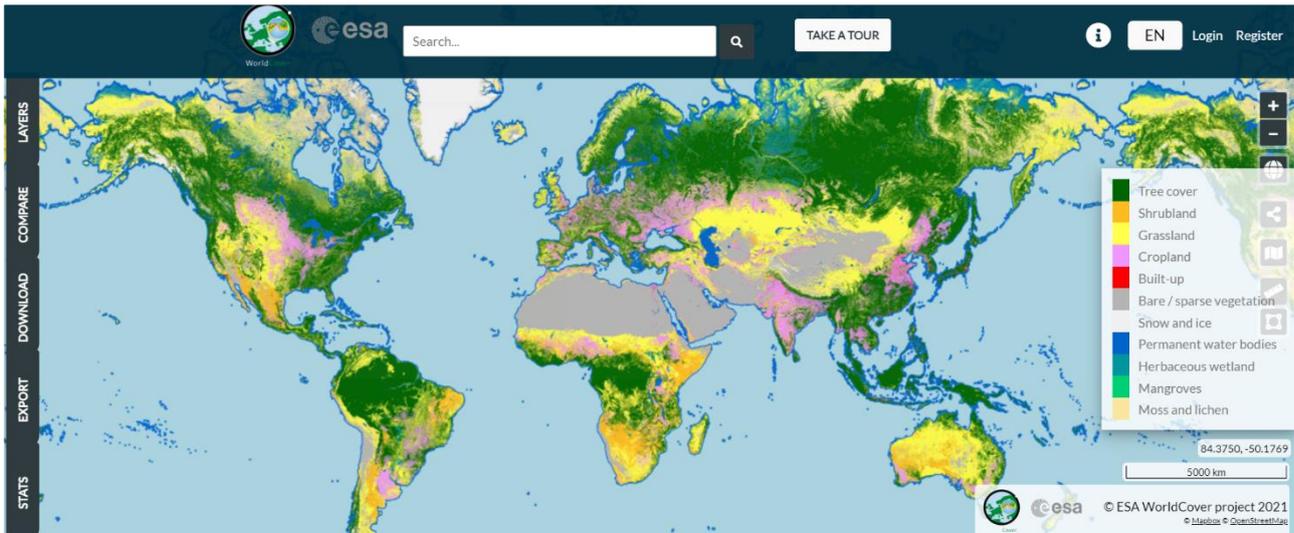


Abbildung 14 Screenshot der ESA WorldCover-Viewer (WorldCover, s.d.)

Das ESA WorldCover-Projekt wurde im Jahr 2017 initiiert und umfasst Daten der Jahre 2020 und 2021. Die WorldCover-Karte auf Abbildung 14 stellt eine globale Grundkarte der Bodenbedeckung mit einer Auflösung von 10 m dar. Die Erstellung der Karte erfolgte auf Basis eines Auftrags der ESA durch ein Konsortium, welches sich aus Erdbeobachtungsdienstleistern und Forschungseinrichtungen zusammensetzt. Die Datenbasis der WorldCover-Karte wird durch eine Kombination optischer Bilder der Copernicus-Satelliten Sentinel-2³ mit denen von Sentinel-1 generiert. Beide Konstellationen nehmen alle fünf Tage den gesamten Globus auf.

In der Klassifizierungsphase werden die trainierten Modelle/Szenarien verwendet, um die Kennzeichnungen der Eingabedaten zusammen mit den Klassenwahrscheinlichkeiten vorherzusagen. Um die Genauigkeit zu gewährleisten, wird eine unabhängige Validierung von der Universität Wageningen (Niederlande) durchgeführt und von regionalen Experten unterstützt. Die Karte zeigt elf verschiedene Bodenbedeckungsklassen: Baumbewuchs, Strauchland, Grasland, Ackerland, bebautes Land, kahle/spärliche Vegetation, Schnee und Eis, permanente Gewässer, krautige Feuchtgebiete, Mangroven, Moose und Flechten (gemäß FAO). Das Tool steht kostenlos zur Verfügung und kann über den benutzerfreundlichen WorldCover-Viewer aufgerufen und heruntergeladen werden. (Zanaga, 2022)

³ Die Sentinel-Satelliten sind Teil des Copernicus-Programms der ESA. Ihr Hauptzweck ist die Überwachung des Bodens und der Atmosphäre. (Copernicus, s.d.)

4) ESRI⁴ Land Cover 10 m



Abbildung 15 Screenshot von ESRI Land Cover 10m (Impact Observatory, s.d.)

ESRI Impact Observatory ist ein Technologieunternehmen, das sich auf die Bereitstellung von Geodaten spezialisiert hat, die mit auf künstlicher Intelligenz basierenden Algorithmen analysiert werden. Das ESRI LC Produkt präsentiert die Bodenbedeckung unter Nutzung der Sentinel-2-Daten mit einer Auflösung von 10 m. Das Dataset umfasst Daten aus den Jahren zwischen 2017 und 2023.

Dieser Datensatz ist das Ergebnis eines Deep-Learning-Modells, das mit fünf Milliarden manuell beschrifteten Pixeln trainiert wurde, und ist als Open-Source-Ressource auf dem Living Atlas of the World von ESRI verfügbar, die grösste Zusammenstellung von massgeblichen Karten, Apps und Daten aus der ganzen Welt (esri, s.d.). Zu den Klassen gehören bebaute Gebiete, Wasser, Bäume, Gras, Feldfrüchte, überschwemmte Vegetation, Büsche/Sträucher, nackter Boden, Schnee/Eis und Wolken (vgl. Abbildung 15). Obwohl es sich um die derzeit beste globale Landabdeckung handelt, ist es aufgrund der Verwendung offener Geodaten mit der höchsten Auflösung wichtig, einige Einschränkungen zu beachten, insbesondere hinsichtlich der Genauigkeit von Strassen, Landwirtschaft und anderen spezifischen Klassen. (Karra, 2021)

⁴ Esri ist einer der grössten Hersteller von GIS-Softwaresystemen und Anwendungen für die Verwaltung geolokalisierter Datenbanken (esri, s.d.).

5) FAO – Global Land Cover

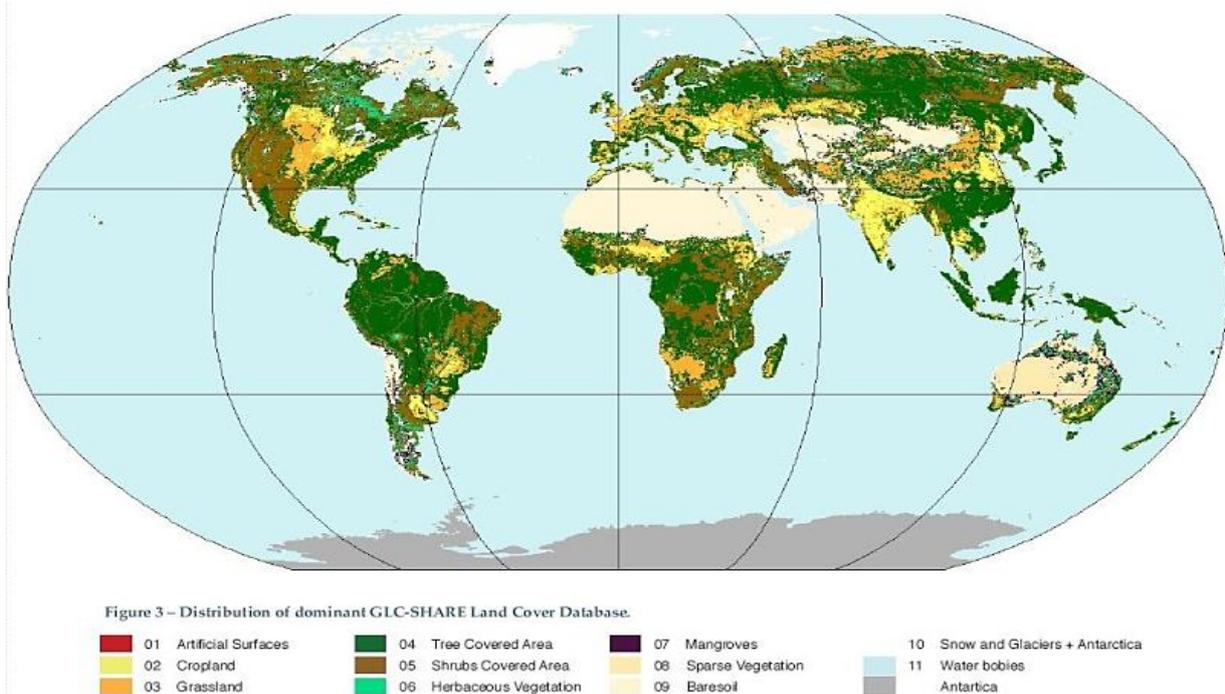


Abbildung 16 Karte der dominanten GLC-SHARE Land Cover Klassen (Latham, Cumani, Rosati, & Bloise, 2014)

Die Global Land Cover-SHARE (GLC-SHARE) stellt eine neu entwickelte Bodenbedeckungsdatenbank auf globaler Ebene aus dem Jahr 2014 dar. Sie wurde von der FAO konzipiert. Eine Übersichtskarte ist in Abbildung 16 zu sehen und ihre Erstellung erfolgte in Kooperation mit nationalen Kartierungsprojekten und Institutionen. Die Welt ist in 72 Kacheln unterteilt, die ein regelmässiges Raster von 30 Grad und eine Pixelauflösung von 30 Bogensekunden (etwa 1 km²) aufweisen. Für die Generierung nationaler und regionaler Datensätze werden in den meisten Fällen Landsat⁵-Daten mit einer Bodenauflösung von 30 m oder MODIS⁶-Daten herangezogen.

Im Rahmen der Datenharmonisierung wurden verschiedene Datenbanken zusammengeführt und unterschiedliche Legenden in ein einheitliches Kategorisierungsschema übersetzt. Die Bestimmung der Pixelwerte erfolgt prozentual auf Basis der elf FAO-Bodenbedeckungsklassen. Fehlende Werte werden aus der globalen Datenbank ergänzt. Eine Fehlermatrix dient dem Vergleich der Beziehung zwischen bekannten Referenzdaten (Ground Truth) und den entsprechenden Ergebnissen der dominanten Landbedeckungsklasse für jede Klasse. (Latham, Cumani, Rosati, & Bloise, 2014)

⁵ Landsat ist ein NASA-Programm und stellt die längste kontinuierliche, weltraumgestützte Aufzeichnung der Landfläche der Erde bereit (NASA, Landsat, kein Datum).

⁶ Das Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) ist ein Schlüsselinstrument an Bord der National Aeronautics and Space Administration (NASA) Satelliten Terra und Aqua (NASA, MODIS, s.d.).

6) GLAD – Global Forest Change

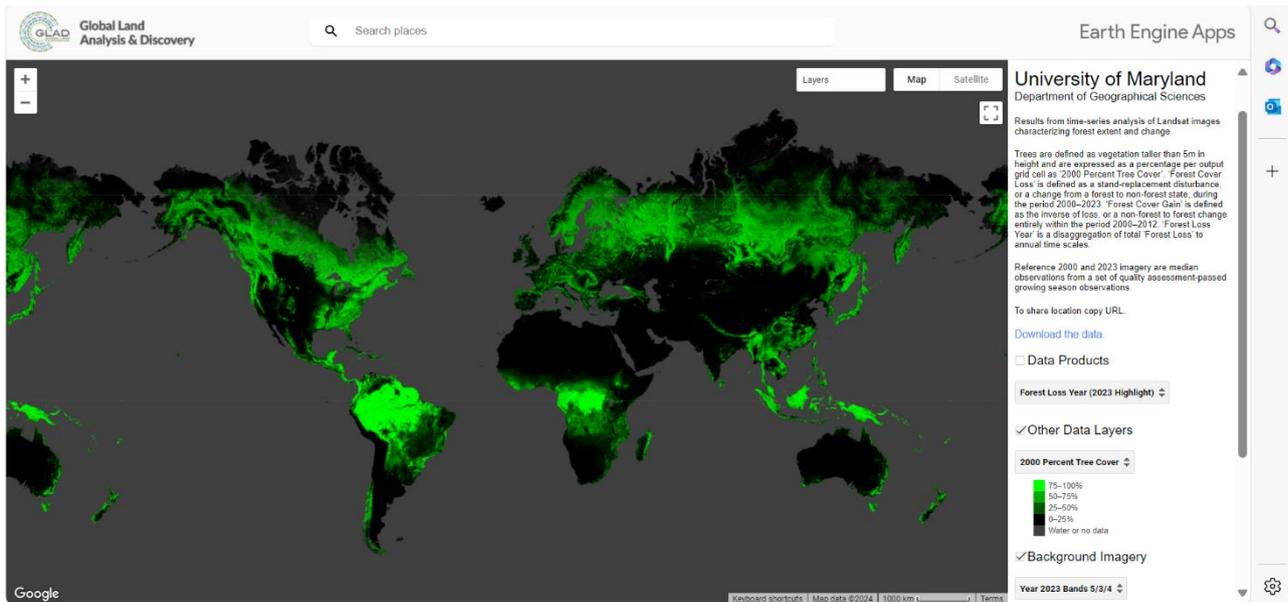


Abbildung 17 Screenshot von Global Forest Change Karte, Prozentsatz der Baumbedeckung (University of Maryland, s.d.)

Die Global Land Analysis and Discovery (GLAD) Gruppe an der Universität von Maryland (USA) hat in Zusammenarbeit mit Global Forest Watch (GFW) und dem United States Geological Survey (USGS) einen Datensatz erstellt, der Informationen über die weltweite Baumbedeckung in Prozent liefert. Diese Daten sind entscheidend für die Auswertung der Ausdehnung, des Verlusts und der Zunahme der Wälder im Zeitraum von 2000 bis 2012.

Die Basisdaten entstammen der Landsat-Zeitreihenbildung, wobei Landsat 8 ab 2013 und Landsat 9 ab 2022 berücksichtigt wurden. Der Algorithmus zur Berechnung der Baumkronendeckung im Jahr 2000 (treecover2000) definiert die Baumbedeckung als den Kronenschluss der gesamten Vegetation mit einer Höhe von mehr als 5 m. Dieser wird in Prozent pro Gitterzelle im Bereich von 0 bis 100 kodiert. Abbildung 17 zeigt, wie diese stufingefärbte Werte auf einer Karte erscheinen. Die Daten sind in Form von 8-Bit-Werten mit einer räumlichen Auflösung von 1 Bogensekunde pro Pixel (ca. 30 m pro Pixel am Äquator) gespeichert. Als Referenzbilder dienen Medianwerte, welche aus einer Reihe qualitätsgeprüfter Beobachtungen der Vegetationsperiode in vier Spektralbändern gewonnen wurden. Die Spektralbänder umfassen die Wellenlängenbereiche Rot, Nahes Infrarot (NIR) und Kurz-Wellen-Infrarot (SWIR) Licht. (University of Maryland, s.d.)

7) GLAD – Global Land Cover and Land Use Change



Abbildung 18 Screenshot von Global Land Cover and Land Use Change Karte (GLAD, s.d.)

Der Global Land Cover and Land Use Change (GLAD) Datensatz stellt eine Quantifizierung von Veränderungen der Waldausdehnung und -höhe, der Anbauflächen, der bebauten Flächen, der Oberflächengewässer sowie der Ausdehnung von mehrjährigem Schnee und Eis im Zeitraum von 2000 bis 2020 (siehe Abbildung 18). Der GLAD-Datensatz ist in 10x10-Grad-Kacheln unterteilt, mit 8-Bit-Daten und einer Auflösung von zirka 30 m pro Pixel.

Der globale Datensatz wurde mit der Hilfe fortschrittlicher, lokal und regional kalibrierter maschineller Lernwerkzeuge abgeleitet: Zur Abbildung jeder Themenklasse wurden unterschiedliche, überwachte Klassifizierungsmodelle eingesetzt, darunter Entscheidungsbäumen und Deep Learning Convolutional Neural Networks. Dabei wurde jede thematische Schicht durch statistische Stichproben validiert. (Potapov P., 2022)

8) MCD12C1 0.5 km MODIS-based Global Land Cover Climatology

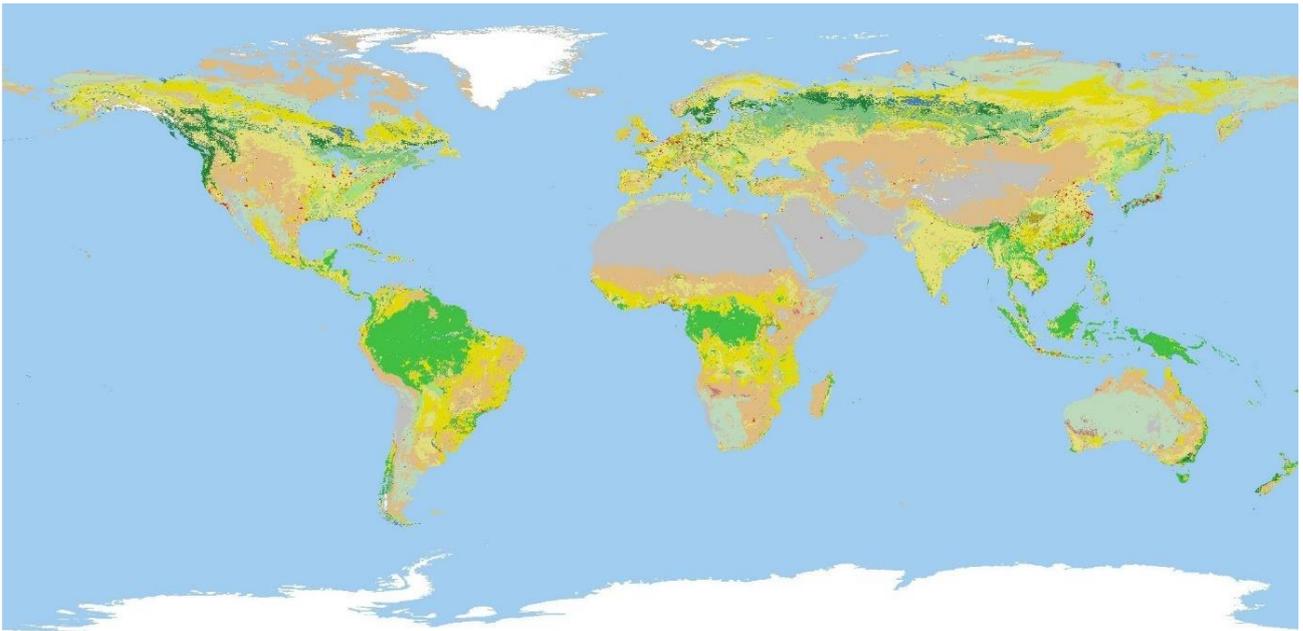


Abbildung 19 Screenshot von MCD12C1 Weltkarte (Earthdata, s.d.)

Das NASA MCD12C1 ist ein MODIS Global LC-Produkt, welches die globale Bodenbedeckungskarte mit einer räumlichen Auflösung von 500 m und jährlichen Zeitschritten von 2001 bis heute bereitstellt. Abbildung 19 präsentiert eine synoptische Darstellung der Weltkarte. Die Daten werden in Form von Kacheln mit einer Grösse von etwa 10x10 Grad am Äquator bereitgestellt, wobei ein sinusförmiges Gitter Anwendung findet. (Sulla-Menashe & Friedl, 2018)

Das MCD12C1-Produkt wird durch überwachte Klassifizierung von MODIS-Reflexionsdaten erstellt und mittels Kreuzvalidierung des Trainingsdatensatzes überprüft. Die Klassifizierung der Bodenbedeckungsklassen erfolgt durch die Verarbeitung der 32-Tage-Datenbank unter Verwendung von Entscheidungsbaum-Algorithmen zur Klassifizierung mit Entscheidungsbäumen und künstlichen neuronalen Netzen zur Zuweisung von Landbedeckungsklassen. Um den Berechnungsaufwand zu reduzieren und die Flexibilität zu erhöhen, erfolgt die Klassifizierung nach Kontinenten. Der Parameter «Bodenbedeckung» identifiziert 17 Kategorien der Bodenbedeckung gemäss dem Internationalen Geosphären-Biosphären-Programm (IGBP). Des Weiteren sind zusätzliche Klassifizierungsschemata im Dataset enthalten. Der Satz von Bedeckungstypen umfasst elf Kategorien natürlicher Vegetationsbedeckungen, welche nach Lebensformen unterteilt sind. Zusätzlich werden drei Klassen bebauter und mosaikartiger Flächen sowie drei Klassen nicht bepflanzter Flächen unterschieden. (Strahler, et al., 1999)

9) OSM⁷ Landuse

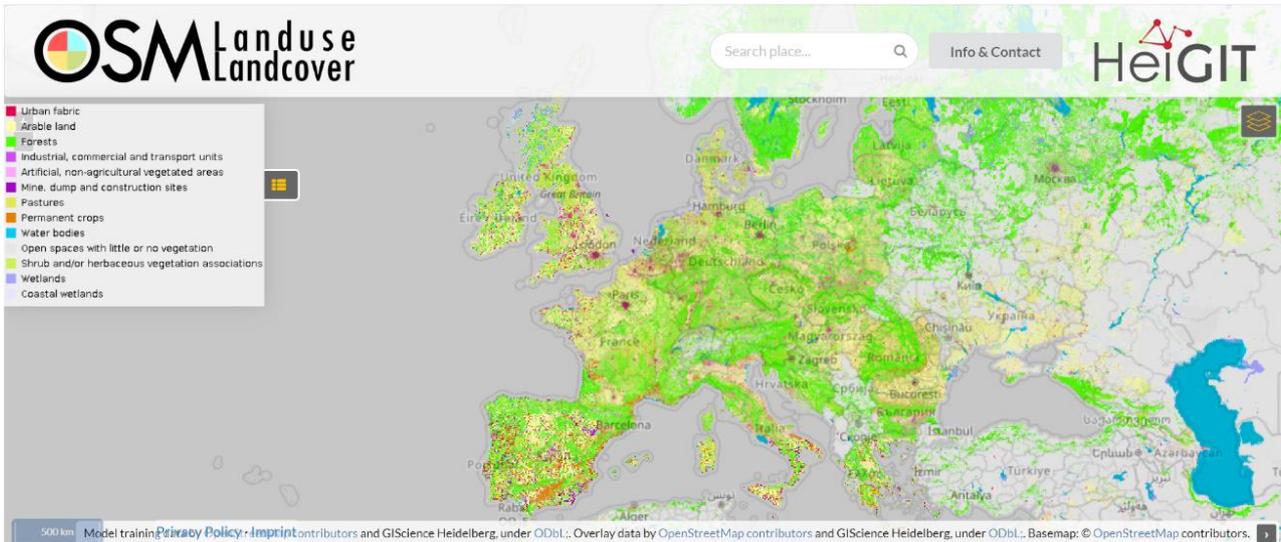


Abbildung 20 Screenshot der OSM LC-Karte über Europa (HeiGIT gGmbH, kein Datum)

Das Heidelberger Institut für Geoinformation und Technologie (HeiGIT) hat eine WebGIS-Applikation entwickelt, welche die Analyse der OpenStreetMap-Datenbank hinsichtlich Landnutzungs- und Landbedeckungsinformationen ermöglicht. Die Daten werden unter der Open Database License bereitgestellt und sind als Web Map Service (WMS) zur Verfügung gestellt. Die Ergänzung lückenhafter OSM-Daten über Europa (vgl. Abbildung 20) erfolgte durch die Klassifizierung von Sentinel-2-Bildern mithilfe eines maschinellen Lernmodells, welches auf OSM-Daten trainiert wurde.

Die Klassifizierung der Landnutzungs- und Bodenbedeckungsklassen entspricht der Klassifizierungsebene 2 der CORINE⁸-Landbedeckungsklassen, welche insgesamt 13 Kategorien umfasst. Zusammengefasst umfassen die Kategorien Elemente, die zu künstlichen Flächen, landwirtschaftlichen Flächen, Wäldern und naturnahen Gebieten, Feuchtgebieten und Gewässern gehören. (HeiGIT gGmbH, s.d.)

⁷ OpenStreetMap (OSM) ist eine offene und kostenlose geografische Datenbank, die von einer Gemeinschaft von Freiwilligen aktualisiert und gepflegt wird.

⁸ Das Projekt «Corine Land Cover» (CLC) wurde auf europäischer Ebene mit dem Ziel initiiert, Daten zur Bodenbedeckung und Bodennutzung zu erheben und deren Veränderungen zu beobachten. Dabei stehen die Anforderungen des Umweltschutzes im Fokus.

10) USGS – Global Land Cover Characterization (GLCC)

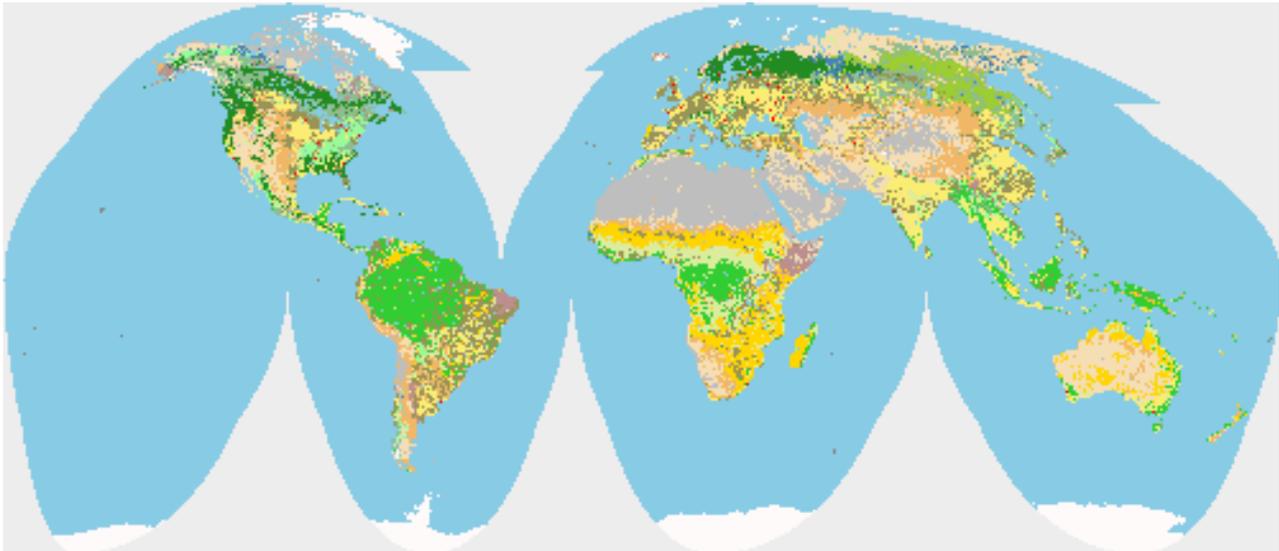


Abbildung 21 Weltkarte der GLCC Land Cover Classification (EROS Center, 2018)

Das GLCC-Projekt zur Charakterisierung der Bodenbedeckung wurde in Kooperation der USGS, des Earth Resources Observation and Science (EROS) Center und der University of Nebraska-Lincoln (UNL) durchgeführt. Die Daten auf Abbildung 21 basieren auf 1-km-Daten des Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR⁹) über einen Zeitraum von 12 Monaten (April 1992–März 1993) mit 10-Tage-Kompositen.

Die Klassifizierung basiert primär auf Daten des Normalized Differentiation Vegetation Index (NDVI)¹⁰. Die unüberwachte multitemporale Klassifizierung von NDVI-Daten wurde optimiert, indem sie mit geowissenschaftlichen Daten aus verschiedenen Quellen verfeinert und ein maskierter Datensatz erstellt wurde, der von Wasser, Eis und Schnee bedeckte Gebiete ausschliesst. Für die Klassifizierung wurde zunächst der Cluster-Algorithmus eingesetzt, um natürliche Gruppierungen von Pixeln mit ähnlichen NDVI-Eigenschaften zu identifizieren. In einem zweiten Schritt wurden die saisonalen Bodenbedeckungsregionen in die entsprechenden Klassen der Klassifizierungslegenden aggregiert. Dazu wurde eine optimierte Version des K-Means-Algorithmus verwendet, mit dem Namen «CLUSTER».

⁹ Das AVHRR ist ein von der NASA betriebenes, satellitengestütztes Messinstrument, welches die Reflexion der Erde in fünf relativ breiten Spektralbändern erfasst (NASA, AVHRR, s.d.).

¹⁰ Der NDVI ist ein Indikator für das Vorhandensein von Vegetation auf der Erdoberfläche und deren Entwicklung im Laufe der Zeit. Der Index wird anhand von Satellitenbildern berechnet, die von Sensoren im roten und nahen Infrarot (NIR) Range aufgenommen wurden.

3 Methodik

3.1 Überblick zum aktuellen SWA-Stand

Zunächst wurden die derzeit in der SWA verfügbaren Kategorien untersucht, indem nach Informationen zu jeder Kategorie gesucht wurde. Der SWA-Kommentarbuch enthält Beschreibungen für jede Kategorie, die in Tabellenform übertragen wurden. Die Spalten entsprechen dem Symbol, mit dem die Kategorie bezeichnet wird, dem Namen, der Gruppe, zu der die Kategorie gehört, und den übertragenen Informationen. Jede Zeile entspricht einer Kategorie, so dass sie untereinander aufgeführt sind und wie eine Legende aussehen. Auf diese Weise war es möglich, einen Überblick über die vorhandenen Kategorien zu erhalten und in Korrespondenz jeder Zeile eine erläuternde Beschreibung hinzuzufügen.

3.2 Umfrage an Geografielehrpersonen

Eine Umfrage bei Geographielehrerinnen und -lehrern der Sekundarstufen I und II in der ganzen Schweiz soll deren Meinungen und Erfahrungen mit dem SWA erheben. Der Aufbau der Umfrage folgt den Prinzipien und Richtlinien für die Entwicklung von Fragebögen, die eine klare und sich wiederholende Struktur gewährleisten, um den Zeitaufwand für das Ausfüllen zu reduzieren (Döring & Bortz, 2006), da es sich um eine freiwillige und unbezahlte Teilnahme handelte.

Es wurden standardisierte Fragen mit einer fünf-stufigen Beliebtheitskala und offenen Antwortmöglichkeiten verwendet, um eine vergleichbare und detaillierte Analyse der gesammelten Daten zu gewährleisten. Die fünf Optionen sind immer so aufgebaut, dass eine neutrale, zwei positive oder eher zustimmende und zwei negative oder eher ablehnende Antworten zur Auswahl stehen. Die zu bewertende Sätze sind positiv formuliert, so dass man anhand der negativ bewerteten Aussagen leicht erkennen kann, ob ein potenzielles Problem vorliegt.

Der Fragebogen im Anhang A 2 ist in thematische Abschnitte unterteilt, die sich auf den beruflichen Hintergrund der Teilnehmer, das verwendete Lehrmaterial und ihre Meinung zum Inhalt des Atlas bezieht. Die Ziele der Lehrpläne wurden bei der Fragenstellung berücksichtigt. Die Teilnehmer wurden gebeten, verschiedene Karten im Atlas zu bewerten, die unterschiedliche Massstäbe und Geländemorphologien repräsentieren. Die Ergebnisse wurden in einer Excel-Tabelle erfasst, in der jede Frage des Fragebogens in einer eigenen Registerkarte gespeichert wurde, um den Zugriff auf die einzelnen Fragen zu erleichtern.

Die Antworten zu jeder Frage wurden in Form von Kuchendiagrammen visualisiert. Die gewählten Farben für die standardisierten fünf-stufigen Antworten erinnern an einer Ampel: von negativ bis positiv wurden die Farben Rot, Orange, Gelb, Hellgrün und Dunkelgrün zugeordnet. Weitere Kommentare zu den Aussagen wurden in Textform gesammelt.

3.3 Untersuchung von zuverlässige Datenquellen

Es wurde eine gezielte Online-Recherche nach Portalen mit globalen Bodenbedeckungsdaten durchgeführt. Zweck war es, eine zuverlässige und qualitative Datenquelle zu identifizieren, die als Grundlage für die Karten zukünftiger Atlasausgaben dienen könnte. Satellitenbilder eignen sich besonders gut für die Anwendung von Klassifizierungsalgorithmen und die Bereitstellung aktueller und präziser Informationen (Alan S. Belward, 2015). Die Entwicklung eines eigenen Klassifikationsalgorithmus wurde von vornherein ausgeschlossen, da dieser Prozess sehr zeitaufwändig wäre und die Ergebnisse voraussichtlich nicht über die Qualität bereits existierender Algorithmen hinausgehen würden. Stattdessen wurde nach klassifizierten Satellitendaten gesucht, die frei verfügbar sind und vorzugsweise aus zuverlässigen und offiziellen Quellen mit globaler Abdeckung stammen.

Die Analyse der Datenquellen und Instrumente erfolgte in mehreren Schritten: Zunächst wurden die Daten online gesucht und lokal heruntergeladen, um die Abdeckung der gesamten Welt oder bestimmter Regionen zu überprüfen. Nach dem Abruf der Daten wurde für jede dieser Quellen auf der Grundlage ihres Benutzerhandbücher ein Beschreibungsbogen erstellt, der Informationen über den Autor bzw. Eigentümer der Daten, die Grunddaten der jeweiligen Satellitenmission und die Sensoren an Bord des Satelliten enthält. Diese Informationen sind in Kapitel 2 aufgelistet, in dem die zehn betrachteten Datenquellen beschrieben werden. Anschliessend wurden alle untersuchten Datenquellen in einer zusammenfassenden Übersichtstabelle anhand der folgenden selbstdefinierten Kriterien verglichen:

- Abdeckung: globale oder regionale Erfassungsbereich.
- Aktualität: Jahre, für die Daten verfügbar sind.
- Datengrösse: Grösse der herunterzuladenden Daten.
- Kategorien: Anzahl der Bodenklassifikationskategorien und deren Spezifität.
- Auflösung: Auflösung der bereitgestellten Daten.

- Zuverlässigkeit: Datenherkunft von offiziellen Institutionen oder verifizierte Daten.
- Machbarkeit: die Plattform ist stabil und wird im Laufe der Zeit aktualisiert.
- Software: Das Datenformat ist mit gängiger Software lesbar.
- Sensoren: Zuverlässigkeit von Satellitenmissionen und Bordsensoren zur Verarbeitung der Daten für die Landbedeckungserkennung.
- Beschränkungen: Daten sind kostenfrei oder reproduzierbar.

Eine detailliertere Definition der Kriterien ist in Anhang A 3 zu finden. Die Kriterien sind nach ihrer Relevanz für die Auswahl geeigneter Datenquellen für den SWA geordnet, so dass die Nichterfüllung des ersten Kriteriums ein deutlicher Hinweis darauf ist, dass es sich möglicherweise nicht um die optimale Wahl handelt. Die Nichterfüllung des letzten Kriteriums sollte dagegen weniger problematisch sein. Die gefundenen Datensätze wurden anhand der festgelegten Kriterien bewertet und quantifiziert, wobei für jedes erfüllte Kriterium ein Stern vergeben wurde oder nicht. Jede Zeile der Tabelle entspricht einem Datensatz und jede Spalte einem Kriterium in der Reihenfolge seiner Relevanz. In der letzten Spalte ist die Gesamtzahl der für jeden Datensatz vergebenen Sterne angegeben.

3.4 Arbeitsablauf für neue Übersichtskarten

Nachdem die besten Datenquellen anhand der in Kapitel 3.3 beschriebenen Auswahlkriterien identifiziert worden waren, wurden die ausgewählten Datensätze einer detaillierten Analyse unterzogen. Zunächst wurden die Daten mit der GIS-Software QGIS 3.28 visualisiert und entsprechend der Bodenbedeckungskategorien eingefärbt. Für alle drei Datensätze wurden verschiedene Weltregionen in unterschiedlichen Maßstäben analysiert und mit SWA-Karten verglichen. Zusätzlich wurden die Vegetations- und Landbedeckungskategorien jedes Datensatzes visuell verglichen: Die Kategorien wurden in Excel-Tabellen untereinander aufgelistet und ähnliche Kategorien nebeneinander in die gleiche Zeile gestellt. Dies erleichtert das Erkennen von Ähnlichkeiten und Unterschieden in der Nomenklatur und der Anzahl der Kategorien. Parallel dazu wurden illustrierte Dokumente entwickelt, die eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Erstellung einer einfachen Bodenbedeckungskarte für jeden untersuchten Datensatz enthalten. Die Anleitungen sind als Arbeitsabläufe aufgebaut und so beschrieben, dass jeder Nutzer die Schritte nachvollziehen und die gleichen Karten wie in die Resultate dieser Arbeit reproduzieren kann.

4 Resultate

4.1 Analyse der bestehenden SWA-Bodenbedeckungskategorien

Die im Kommentar zum SWA beschriebenen Kategorien wurden in die Tabelle in Anhang A 4 übertragen und strukturiert. Die Tabelle 3 präsentiert eine kompakte Version, in der lediglich die Hauptkategorien, eine für jede Oberkategorie, dargestellt sind. Insgesamt umfasst die Tabelle 13 Kategorien.

Die ersten Spalten enthalten das in der Atlaslegende verwendete Symbol, die deutsche Bezeichnung der Kategorie sowie den Titel der entsprechenden Oberkategorie. Kategorien, die unter die gleiche Oberkategorie fallen, wie z.B. «Nadelwälder», wurden in der gleichen Farbe dargestellt. Die Hauptkategorie jeder Oberkategorie wurde selbst durch farbige Hinterlegung in der Spalte «Name DE» hervorgehoben, wie z.B. die Kategorie «Nadelwald in der Oberkategorie «Nadelwälder». Grau hinterlegte Zeilen kennzeichnen Kategorien, die im SWA-Kommentar nicht beschrieben wurden.

Symbol	Name DE	Oberkategorie	Beschreibung (aus SWA-Kommentar)
 Nadelwald	Nadelwald	Nadelwälder	Wälder, die aus Holzgewächsen der Ordnung Koniferen (<i>Coniferales</i>) bestehen, etwa 600 Arten wovon etwa 250 zur Familie der <i>Pinaceae</i> gehören.
 Sommergrüner Laubwald	Sommergrüner Laubwald	Laub- und Mischwälder	Typisches Biom der Nordhalbkugel und gemäßigter Klimatypen. Die Idee der 4 Jahreszeiten stammt aus diesen Gebieten. Eines der Biome, die am stärksten durch menschliche Eingriffe beeinflusst und verändert wurden.
 Hartlaubvegetation	Hartlaubvegetation	Hartlaubvegetation	Überbegriff für verschiedene Biome mit Pflanzen, die die Transpiration hemmen. Meistens kleinen, lederartigen und saftamen Blätter (<i>xeromorphe Blätter</i>) mit Wachsüberzug. Beispiele sind Oliven-, Lorbeer- und Eukalyptusbäume. Mittelmeerklima wie Süditalien, mit heißen Sommern.
 Steppe, Graslandsteppe	Steppe, Graslandsteppe	Steppen	Grasland im Übergang zwischen subtropischen Halbwüsten und humideren Gebieten oder zwischen Wäldern und Halbwüsten im gemäßigten Klima.
 Wüste, Dünen	Wüste, Dünen	Wüste, Dünen	
 Savanne	Savanne	Savanne	Savannen sind Graslandschaften mit unterschiedlich vielen Bäumen oder Sträuchern, die sich zwischen subtropischen Wüsten und tropischen Regenwäldern erstrecken.
 Feuchtsavanne	Feuchtsavanne	Savannen	Begriff geprägt durch den Geografen Fritz Jaeger, Fluren mit hohen Gräsern und niedrigen, laubwerfenden Bäumen, die einzeln oder in kleinen Gehölzen stehen. 3-5 Monate sind arid.
 Subtropische und tropische immergrüne Mischwälder	Subtropische und tropische immergrüne Mischwälder	Tropische und andere subtropische Wälder	Varianten der subtropischen und tropischen Laubwälder durch Vorkommen von Nadelbäumen.
 Regenwald	Regenwald	Tropische und andere subtropische Wälder	Wald mit mindestens 150cm Niederschlag, höchstens 2 trockenere Monate und Monatsmittel zwischen 24°C und 30°C.
 Inlandeis, Gletscher	Inlandeis, Gletscher		
 Subpolares und alpines Ödland	Subpolares und alpines Ödland		
 Weiden	Weiden		
 Kulturland	Kulturland		

Tabelle 3 Zusammenfassende Tabelle der SWA-Kategorien, die nur die Hauptkategorie jeder Oberkategorie beschreibt (eigene Darstellung)

Weitere Kommentare zu den beschriebenen SWA-Kategorien sind in Textform aufgeführt:

- Die Unterkategorien von Nadelwäldern unterscheiden sich hauptsächlich durch die Periodizität des Laubfalls und den Standort, der sich in Gebirgsregionen oder bestimmten Breitengraden befinden kann.
- Laub- und Mischwälder umfassen die Wälder der gemässigten Zonen. Für diese Wälder gibt es zwei separate Kategorien, die typisch für die nördliche bzw. südliche Hemisphäre sind. Darüber hinaus existieren spezifische Kategorien für bestimmte Regionen, wie die Korkeichenwälder in Portugal. Weitere Kategorien unterscheiden sich durch die Blattform und die Grösse der Vegetation, also ob es sich überwiegend um Bäume, Sträucher oder eine Mischung dieser handelt.
- Die Hartlaubvegetation unterscheidet die niedrige, strauchartige Vegetation von der Waldbildung.
- Die Steppe wird in grasige und strauchige/holzige Steppe unterteilt, die Unterscheidung liegt also in der Form der Vegetation.
- Zu den «Wüsten und Dünen» gehören Sandwüsten, Salzwüsten und Halbwüsten, die sich durch lange Trockenperioden und konzentrierte Niederschläge in einer Periode auszeichnen.
- Obwohl die Feuchtsavanne in die Oberkategorie «Savannen» fällt, ist sie in der SWA-Legende eine eigene Oberkategorie, da es sich um eine Savanne handelt, die jedoch eine kürzere Trockenzeit und hohes Gras oder kleine Sträucher aufweist.
- In den subtropischen und tropischen immergrünen Mischwäldern gibt es einige Waldtypen, die sehr spezifisch für bestimmte Regionen sind, wie z. B. Lorbeerwälder oder immergrüne Wälder. In diesen Gebieten gibt es relativ lange Trockenperioden.
- Regenwälder umfassen tropische und subtropische Wälder. Zu dieser Kategorie gehören zudem einige besondere Formationen wie Mangroven und Salzsümpfe.
- Die Kategorie «Ödland» umfasst Böden, die typisch für die nördlichen oder erhöhten Breiten sind. Dazu gehören beispielsweise Wald- und Bergtundra mit wenig Vegetation sowie felsige und alpine Gebiete.
- Die bewirtschafteten Felder werden in Intensivanbau, Bewässerungskulturen und Ackerland unterteilt.
- Zu den Weiden zählen auch Wiesen und nicht-alpine Felder.

4.2 Resultate der Umfrage

Die Umfrage wurde zwölf Teilnehmern in Form eines persönlichen oder Online-Interviews vorgelegt. Die Mehrheit der Befragten ist an Gymnasien tätig, d. h. an Schulen der Sekundarstufe I und/oder II. Ein Befragter arbeitet an einer Wirtschaftsschule. Vier der Befragten sind im Kanton Tessin tätig, die übrigen im deutschsprachigen Raum, insbesondere im Kanton Zürich. Des Weiteren haben alle Befragten Geografie an einer Schweizer Universität studiert, mit Ausnahme eines Befragten, der einen geologischen Hintergrund aufweist.

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse präsentiert in Form von Kuchendiagrammen, eines für jede Aussage über den Atlasinhalt und die Atlaskarten. Zusätzlich wurden die von den Teilnehmern in verbaler Form abgegebenen Kommentare zur Begründung einer bestimmten Bewertung ebenfalls in die Auswertung mit einbezogen.

4.2.1 Nützlichkeit des SWA

Der SWA wird überwiegend als nützlich oder sehr nützlich für den Unterricht beurteilt (siehe Abbildung 22). Die Ergebnisse zeigen, dass das SWA-Produkt insgesamt von hoher Qualität ist. Allerdings besteht Verbesserungspotenzial, um besser auf die Bedürfnisse der Schulen in verschiedenen Stufen sowie auf die technologische Entwicklung einzugehen.

Wie beurteilen Sie den Nutzen des SWA im Geographieunterricht im Allgemeinen? /
Comment jugez-vous l'utilité de l'AMS dans l'enseignement de la géographie en général? /
Come giudichi l'utilità dell'AMS nell'ambito dell'insegnamento della geografia in gener

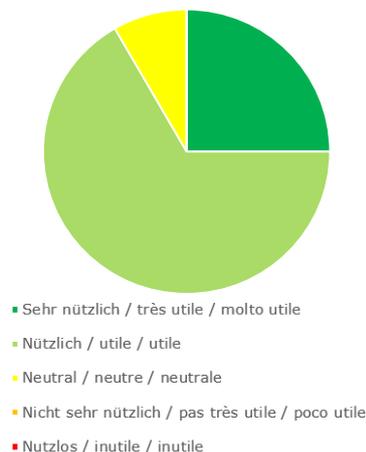


Abbildung 22 Antworten auf die Frage «Wie beurteilen Sie den Nutzen des SWA im Geographieunterricht im Allgemein?»

4.2.2 Lehrziele

Auf die Frage «Inwieweit ist die Bodenbedeckung auf Übersichtskarten nützlich, wenn man die aus den Lehrplänen für den Geografieunterricht der Sekundarstufe I und II abgeleiteten Ziele berücksichtigt?» lauten die Antworten wie in Abbildung 23 dargestellt.

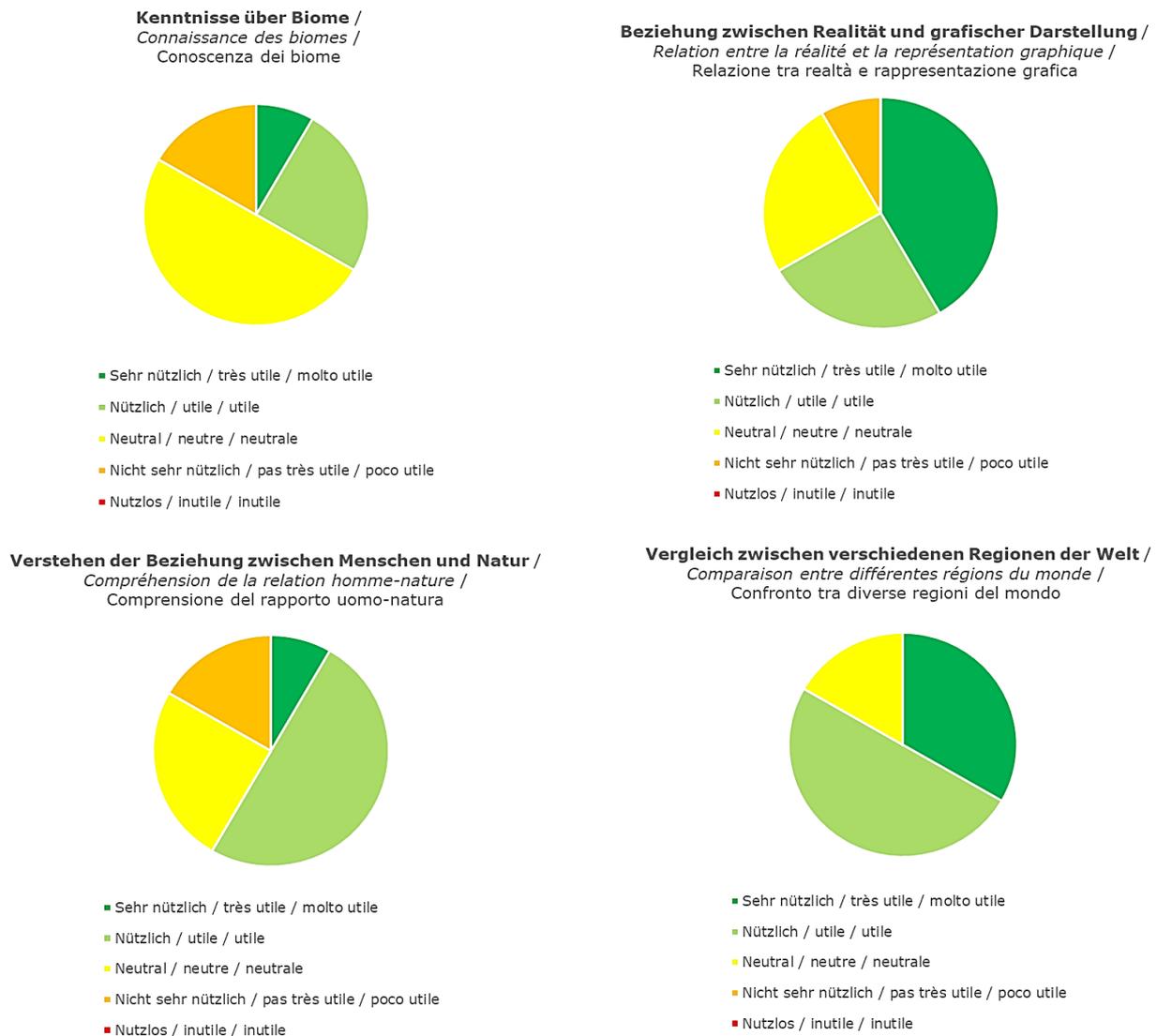


Abbildung 23 «Inwieweit ist die Bodenbedeckung auf Übersichtskarten nützlich, wenn man die aus den Lehrplänen für den Geografieunterricht der Sekundarstufe I und II abgeleiteten Ziele berücksichtigt?»

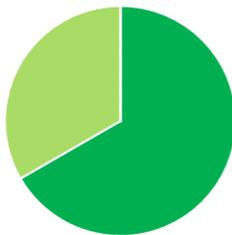
Dabei zeigte sich, dass der SWA nicht häufig genutzt wird, um Wissen über die Vegetation zu vermitteln. Zwei Drittel der Befragten gaben an, dass sie das den SWA nicht als besonders hilfreich für das Lernen über Biome empfinden. Stattdessen erweist sich der SWA als viel nützlicher für den Vergleich unterschiedlicher Regionen weltweit. In der Beurteilung des Verhältnisses zwischen Realität und grafischer Darstellung sowie des Verständnisses der Beziehung zwischen Menschen und Natur erweist sich der SWA für zwei Drittel der Befragten als nützlich oder ziemlich nützlich. Eine Minderheit der Befragten hält der SWA für diese Zwecke jedoch nicht für sehr nützlich.

Des Weiteren wurde mündlich geäußert, dass das Thema Biome häufig im Biologieunterricht an den Schulen behandelt wird und der SWA daher nicht die wichtigste Lernquelle für dieses spezielle Thema sein muss. Die bestehenden Vegetationskategorien reichen aus, um die Unterschiede oder Ähnlichkeiten zwischen verschiedenen Regionen zu verstehen. Der Detaillierungsgrad der geforderten Informationen hängt jedoch stark von der Schulebene ab.

4.2.3 Karte der Schweiz

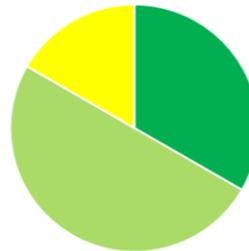
Die Karte der Schweiz im SWA wurde in der Bewertung positiv beurteilt, wie die überwiegend grünen Kuchendiagramme auf der Abbildung 24 zeigen. Unsicherheiten gab es jedoch bei der Unterscheidung der Bodenbedeckungskategorien: Die Teilnehmer erklärten, dass die verschiedenen Grün- und Grautöne auf dieser Karte manchmal schwer zu unterscheiden sind.

Der Detaillierungsgrad der Karte ist angemessen. /
Le degré de détail de la carte est approprié. /
 Il grado di dettaglio della mappa è appropriato



- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Die verschiedenen Bodenbedeckungsklassen lassen sich deutlich unterscheiden. /
Les différentes classes de couverture du sol peuvent être clairement distinguées. /
 Le diverse classi di copertura del suolo si distinguono chiaramente.



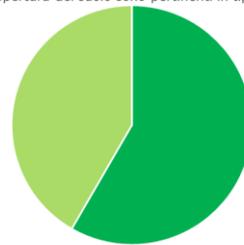
- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Beschriftungen, Linien- und Punktmarkierungen lassen sich gut von den Farben der Bodenbedeckung unterscheiden. /
Les inscriptions, les lignes et les points se distinguent bien des couleurs de la couverture du sol. /
 Le scritte, le linee e i punti si distinguono facilmente dai colori della copertura del suolo.



- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Die Bodenbedeckungskategorien sind in Art und Anzahl sinnvoll. /
Les catégories d'occupation du sol sont pertinentes en termes de typologie et de nombre. /
 Le categorie di copertura del suolo sono pertinenti in tipologia e numero.



- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Abbildung 24 Bewertung der Karte der Schweiz auf Seiten 24-25 im SWA

4.2.4 Karte von Mitteleuropa

Die Karte von Mitteleuropa wurde im Vergleich zur Karte der Schweiz mit einer weniger positiven Bewertung bedacht. Die Hauptkritikpunkte bezogen sich auf die Differenzierung der Bodenbedeckungsklassen, wie das zweite Kuchendiagramm in der Abbildung 25 zeigt. Ein Drittel der Teilnehmer haben eine nicht übereinstimmende Antwort gegeben und ein Viertel sich neutral geäußert. Der Detaillierungsgrad der Karte und die Bodenbedeckungskategorien wurden besser beurteilt, hier stimmte aber ein Drittel der Befragten nicht ganz zu. Interessanterweise ist die Bodenbedeckung der Schweiz auf dieser Karte besser lesbar, da auf diesem Massstab weniger Kategorien verwendet wurden. Dennoch besteht auch hier das Problem ähnlicher Farben, die schwer voneinander zu unterscheiden sind. Beschriftungen, Linien und Markierungen wurden als insgesamt gut erkennbar beurteilt.



Abbildung 25 Bewertung der Karte von Mitteleuropa auf Seiten 86-87 im SWA

4.2.5 Karte von Afrika

Im Vergleich zu den beiden vorhergehenden Karten weist die Karte von Afrika eine noch grössere geografische Abdeckung auf. Wie bei der Karte von Europa wurde auch diese Karte hinsichtlich der Klarheit bei der Differenzierung der Bodenbedeckungskategorien als

undeutlich bewertet. Dies lässt sich anhand des zweiten Kuchen-Diagramms in der Abbildung 26 verdeutlichen, welches zeigt, dass mehr als die Hälfte der Teilnehmer mit «Stimme eher nicht zu» oder «Neutral» geantwortet hat.

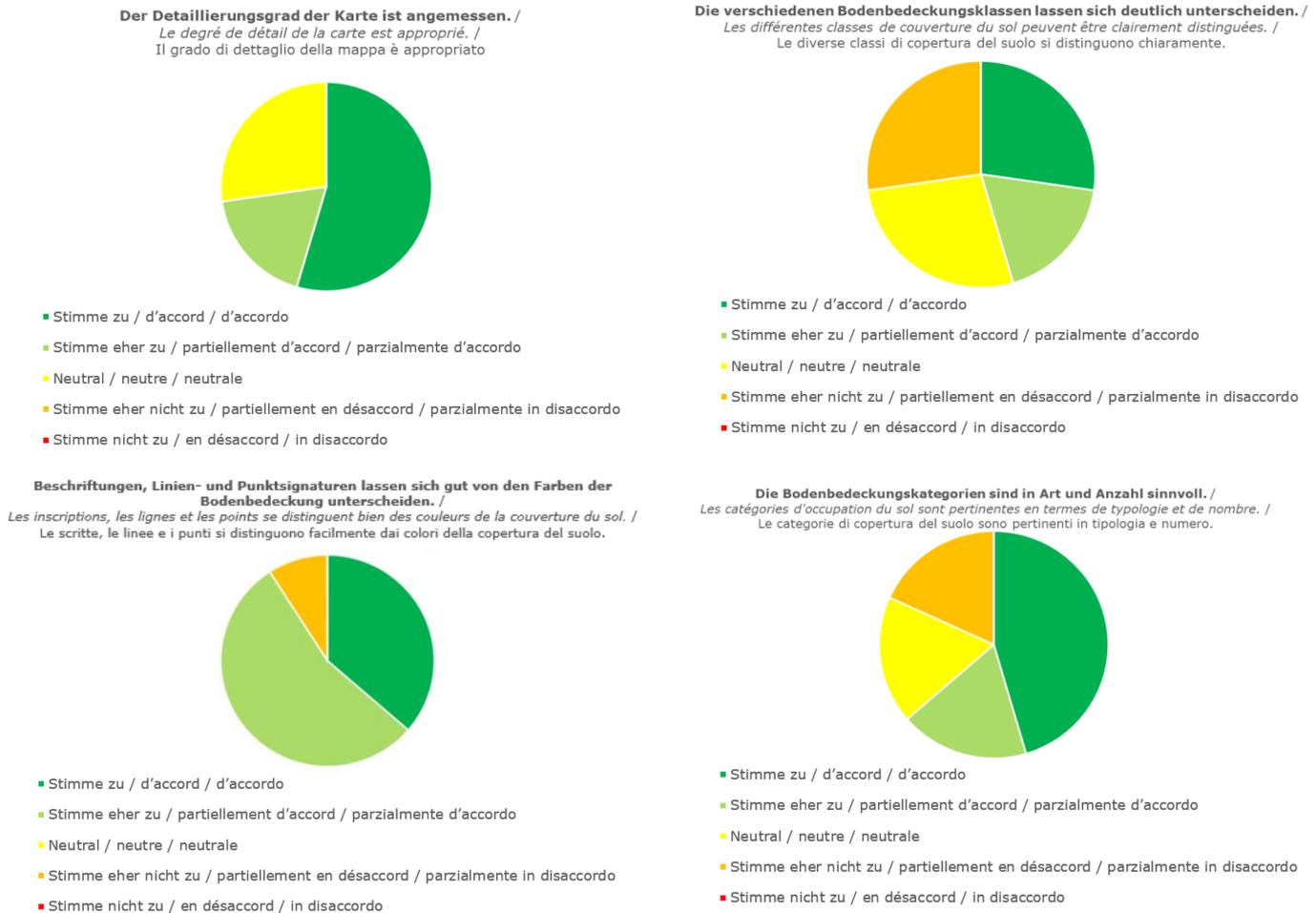


Abbildung 26 Bewertung der Karte von Afrika auf Seite 112 im SWA

Auf dieser Karte gibt es zahlreiche Bodenbedeckungskategorien, die mit Mustern dargestellt werden, was für einige Nutzer verwirrend ist, während es von anderen als hilfreich empfunden wird. Die Differenzierung der übrigen grafischen Elemente wird dadurch jedoch nicht signifikant beeinträchtigt und positiv bewertet. Die Aussagekraft der Kategorien weist einige Ungereimtheiten auf, insbesondere die detaillierten Unterscheidungen innerhalb der Wüsten wurden als problematisch empfunden.

4.2.6 Karte der Magellanstrasse

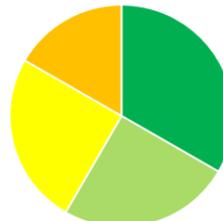
Die Diagramme in der Abbildung 27 zeigen, dass die Karte der Magellanstrasse von den Befragten grundsätzlich positiv bewertet wurde. Allerdings wurde auch deutlich, dass die Lesbarkeit der Karte auf den ersten Blick als schwierig empfunden wird. Dies liegt unter anderem daran, dass die grafischen Elemente wie Linien und Schrift auf der Karte für einige Befragte schwer von der Bodenbedeckung zu unterscheiden sind.

Der Detaillierungsgrad der Karte ist angemessen. /
Le degré de détail de la carte est approprié. /
 Il grado di dettaglio della mappa è appropriato



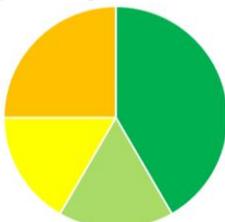
- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Die verschiedenen Bodenbedeckungsklassen lassen sich deutlich unterscheiden. /
Les différentes classes de couverture du sol peuvent être clairement distinguées. /
 Le diverse classi di copertura del suolo si distinguono chiaramente.



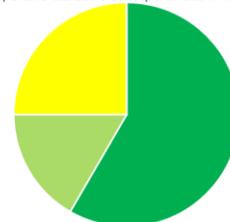
- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Beschriftungen, Linien- und Punktmarkierungen lassen sich gut von den Farben der Bodenbedeckung unterscheiden. /
Les inscriptions, les lignes et les points se distinguent bien des couleurs de la couverture du sol. /
 Le scritte, le linee e i punti si distinguono facilmente dai colori della copertura del suolo.



- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Die Bodenbedeckungskategorien sind in Art und Anzahl sinnvoll. /
Les catégories d'occupation du sol sont pertinentes en termes de typologie et de nombre. /
 Le categorie di copertura del suolo sono pertinenti in tipologia e numero.

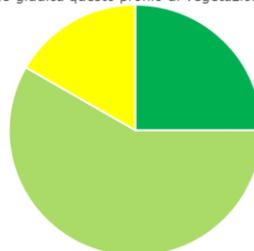


- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Abbildung 28 Bewertung des Höhenprofils der Magellanstrassekarte auf Seite 176 im SWA

Das Höhenprofil der Vegetation an der Seite der Karte wurde von den meisten Teilnehmern als nützlich oder sehr nützlich erachtet (vgl. Abbildung 28). Es wurde jedoch angemerkt, dass eine Markierung der Position des Höhenprofils mit einer Linie eine bessere Übersichtlichkeit gewährleisten würde. Solche Profile könnten auch für andere Karten von Nutzen und Interesse sein.

Wie würden Sie das Vegetationsprofil bewerten? /
Comment évaluez-vous le profil de végétation? /
 Come giudica questo profilo di vegetazione?



- Sehr nützlich / très utile / molto utile
- Nützlich / utile / utile
- Neutral / neutre / neutrale
- Nicht sehr nützlich / pas très utile / poco utile
- Nutzlos / inutile / inutile

Abbildung 27 Bewertung der Karte der Magellanstrasse auf Seite 176 im SWA

4.2.7 Karte der Welt

Die Weltkarte wurde von den Befragten als ausserordentlich positiv und nützlich bewertet und zählt sogar zu den am häufigsten verwendeten Karten. Die Kuchendiagramme auf Abbildung 29 zeigen eine hohe Übereinstimmung mit den Aussagen von jeweils über drei Vierteln der Befragten. Im Vergleich zu früheren Karten gibt es zwar weniger Vegetationskategorien, diese sind jedoch dem Massstab der Karte angemessen. Es wurde angemerkt, dass diese Karte die typischste Einteilung in Biome widerspiegelt und auf den ersten Blick leicht zu lesen ist, was besonders für Schüler und Schülerinnen von Vorteil ist.

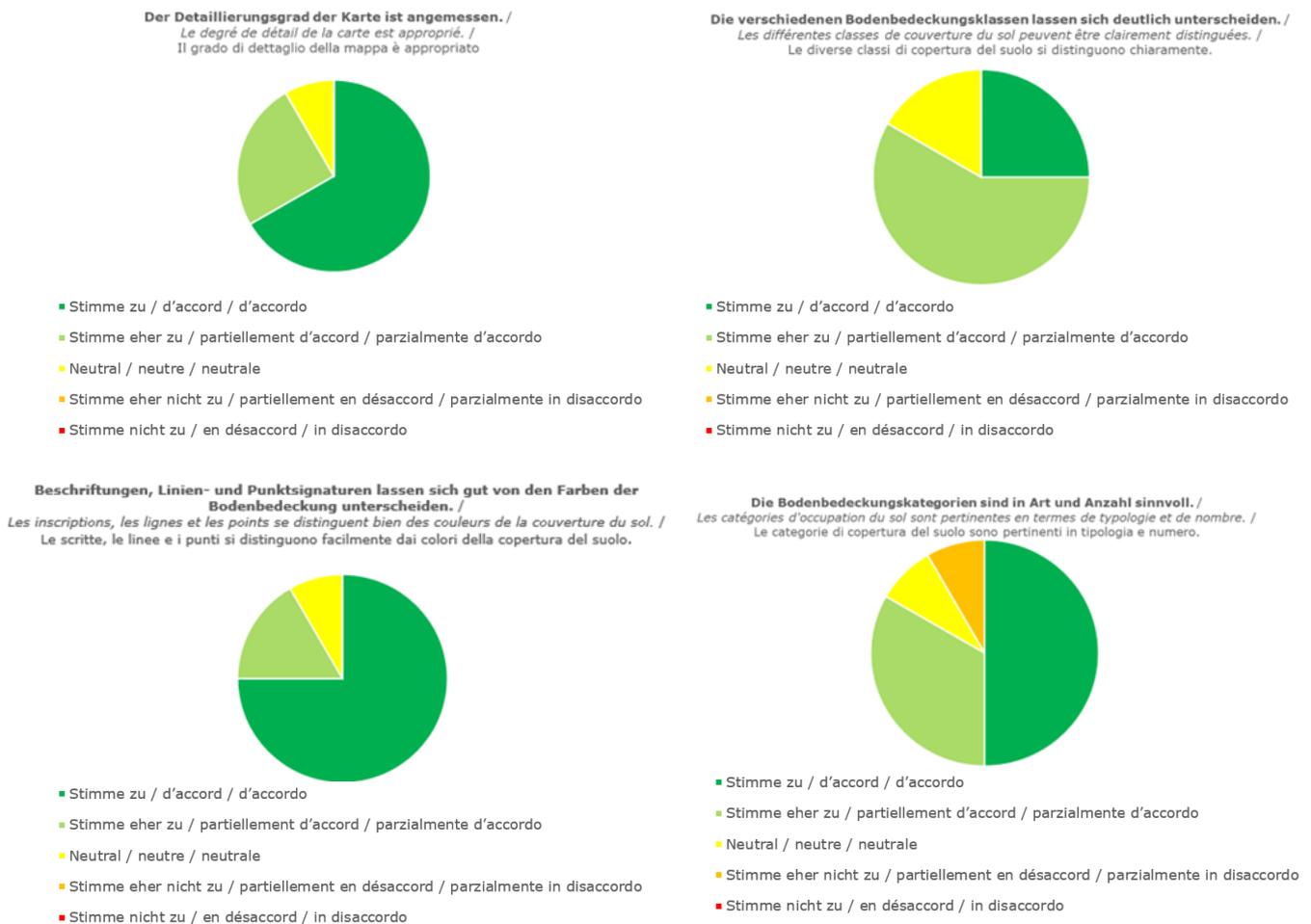


Abbildung 29 Bewertung der Weltkarte auf Seiten 184-185 im SWA

Die Weltkarte der potentiellen Vegetation hingegen hat die Meinungen etwas gespalten (siehe Abbildung 30): Die meisten halten sie für einen brauchbaren Vergleich mit der vorherigen Weltkarte, andere kritisieren, dass die dort gezeigten Vegetationskategorien zu sehr von denen in den anderen Karten abweichen, so dass sie nicht vollständig mit dem Rest des Atlases harmonisieren.

Wie bewerten Sie das Vorhandensein der Karte potentielle Vegetation im SWA? / Comment évaluez-vous la présence de la carte de la végétation potentielle dans l'AMS? / Come giudica la presenza della mappa di vegetazione potenziale nell'AMS?

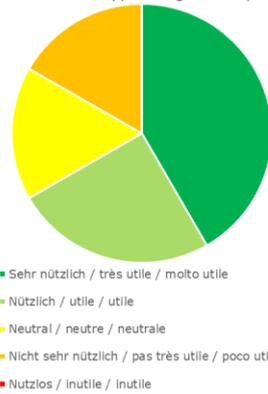
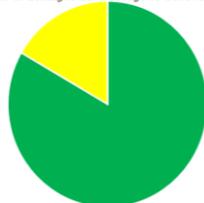


Abbildung 30 Bewertung der Weltkarte der potentiellen Vegetation auf Seiten 194-195 im SWA

4.2.8 Legende der Bodenbedeckung und Vegetation

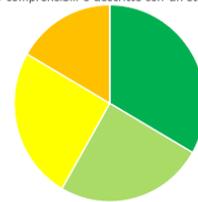
In Bezug auf die allgemeine Legende am Ende des SWA wurde die Auffassung vertreten, dass die Kategorien mit denen in den Atlaskarten übereinstimmen (vgl. Abbildung 31). Über die Hälfte der Befragten stufte die Kategorien als verständlich ein, auch wenn diese als sehr spezifisch eingestuft wurden. Diese Vorgehensweise wurde aus wissenschaftlich-botanischer Sicht als interessant erachtet, jedoch wurde von einigen Seiten eine so detaillierte Unterteilung als unnötig erachtet.

Der Detaillierungsgrad der Kategorien in der Generallegende stimmt mit den im SWA enthaltenen Karten überein. / Le degré de détail des catégories de la légende est conforme aux cartes contenues dans l'AMS. / Il grado di dettaglio delle categorie della legen



- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Die Kategorien sind verständlich und angemessen gekennzeichnet. / Les catégories sont compréhensibles et étiquetées de manière appropriée. / Le categorie sono comprensibili e descritte con un'etichetta adeguata.



- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Die Farben und die Symbolik, mit denen die Kategorien dargestellt werden, sind angemessen. / Les couleurs et le symbolisme avec lesquels les catégories sont représentées sont appropriés. / I colori e la simbologia con cui sono rappresentate le categorie son



- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Die Anzahl der Kategorien ist an den Inhalt des SWA angepasst. / Le nombre de catégories est adapté au contenu de l'AMS. / Il numero di categorie è adatto al contenuto dell'AMS.



- Stimme zu / d'accord / d'accordo
- Stimme eher zu / partiellement d'accord / parzialmente d'accordo
- Neutral / neutre / neutrale
- Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu / en désaccord / in disaccordo

Abbildung 31 Bewertung der allgemeinen Legende am Ende des SWA

Hinsichtlich der zur Darstellung der Kategorien verwendeten Farben und Symbole besteht keine einheitliche Auffassung. Während einige diese als angemessen erachten, werden sie von anderen als unzureichend empfunden. Wie bei den in der Umfrage beobachteten Karten besteht das Hauptproblem in der unklaren Unterscheidung der Farben. Hinsichtlich der Anzahl der Kategorien besteht ebenfalls keine einheitliche Meinung. Die eine Hälfte der Befragten erachtet diese als angemessen, während die andere Hälfte eine kritische oder neutrale Haltung nimmt. Aus den Kommentaren wurde ersichtlich, dass weniger Kategorien von Vegetation und Bodenbedeckung für die Befragten ausreichend wären.

4.3 Auswertung der Datenquellen

Die durchgeführte, systematische Analyse ermöglichte eine fundierte Entscheidungsfindung hinsichtlich der Eignung der untersuchten Datenquellen für die Erstellung von SWA-Bodenbedeckungskarten. Dazu wurden für jeden gefundenen Datensatz Informationen gesammelt und anhand bestimmter Kriterien verglichen. Die vollständige Tabelle der Analysen findet sich in Anhang A 5. Alle zehn analysierten Datenquellen wurden mit mindestens sieben von zehn Sternen bewertet. Die folgenden drei Datensätzen erhielten die höchstmögliche Bewertung von zehn Sternen:

- Climate Change Initiative
- Copernicus Land Monitoring Service
- MCD21C1 0.5 km

Die Tabelle 4 gibt einen Auszug aus der Auswertungstabelle wieder und fasst die Datenquellen zusammen, die die höchste Anzahl von Sternen erhalten haben.

KRITERIUM/ DATASET NAME	Abdeckung	Aktualität	Datengröße	Kategorien	Auflösung	Zuverlässigkeit	Machbarkeit	Software	Sensoren	Beschränkungen	EVALUATION
Climate Change Initiative (CCI)	global	1992-2015	300 MB	23 Klassen oder 35 Klassen	300m	Genauigkeit 73%	Ziel ist langfristiges Archiv	online-Viewer, QGIS	ENVISAT, MERIS, AVHRR, NDVI, PROBA-V, Sentinel-1-3	Freier Zugriff, Genehmigung für kommerzielle Zwecke	10
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)	global, ausser einige Wasseregionen auf Ozean	2015-2019	2.3 GB	23 Klassen	100m	ESA Copernicus Land Service, 80% Zuverlässigkeit	jährlich aktualisiert, gute Plattform	online-Viewer, QGIS, GEE	PROBA-V	Grundsatz des vollständigen, offenen und freien Zugangs	10
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
MCD12C1 0.5 km MODIS-based Global Land Cover Climatology	global	jährlich, 2022	1.2 GB	8-17 Kategorien, verschiedene Datensätze	500m, 0,05° x 0,05° (~5km)	USGS, NASA	jährliche Daten seit 2001, online Archiv	QGIS, dass .hdf4-Format unterstützt	MODIS	open Data, Login für online Karte	10
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Tabelle 4 Die drei am besten klassifizierten Datensätze (eigene Darstellung)

4.4 Beschreibung eines Arbeitsablaufs

Die Daten aus jeder der drei in der vorangegangenen Auswertung ermittelten geeigneten Datenquellen wurden mit der Software QGIS visualisiert. Eine Vorschau auf diese Karten ist in Abbildung 32 zu sehen. Die leeren Kacheln auf der Copernicus-Karte resultieren aus der Unterteilung der Weltkarte in einzeln herunterladbaren Kacheln. Für diese fehlenden Kacheln werden keine Daten bereitgestellt, da es sich um Gebiete handelt, in denen sich nur Ozeane befinden und sie daher für die Bodenbedeckung nicht interessant sind. Dabei wurden die Farben der Kategorien entsprechend den Spezifikationen der jeweiligen Datensätze übernommen, die in Anhang A 6 zu finden sind.

Gleichzeitig wurde für jeden Datensatz ein Arbeitsablauf im Stil einer Anleitung erstellt, in dem die für die Erstellung der Karten erforderlichen Schritte detailliert beschrieben sind. Diese Dokumente, abrufbar unter Anhang A 7, beinhalten Schritt-für-Schritt-Anweisungen und klar illustrierte Abbildungen. Die gängige Vorgehensweise umfasst im Allgemeinen die folgenden Schritte:

1. Herunterladen der Daten aus dem offiziellen Online-Portal und Laden in eine GIS-Software;
2. Benennung und Einfärbung der Kategorien gemäss dem von der Datenquelle bereitgestellten Benutzerhandbuch;
3. Generalisierung der Daten zur Vermeidung eines unnötig hohen Detaillierungsgrads;
4. Vektorisierung der Daten, denn dieses Format ist für die SWA-Karten erforderlich.

In Anbetracht der enormen Datenmenge, die verarbeitet werden musste, war es nicht möglich, die gesamte Welt in einem Schritt zu vektorisieren. Dementsprechend liegt die Weltkarte für die CCI- und Copernicus-Datensätze lediglich im Rasterformat vor. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden stattdessen Afrika und Mitteleuropa für jeden Datensatz vektorisiert. Ein Überblick über diese Karten ist im Kapitel 5.4 in der «Diskussion» zu finden.

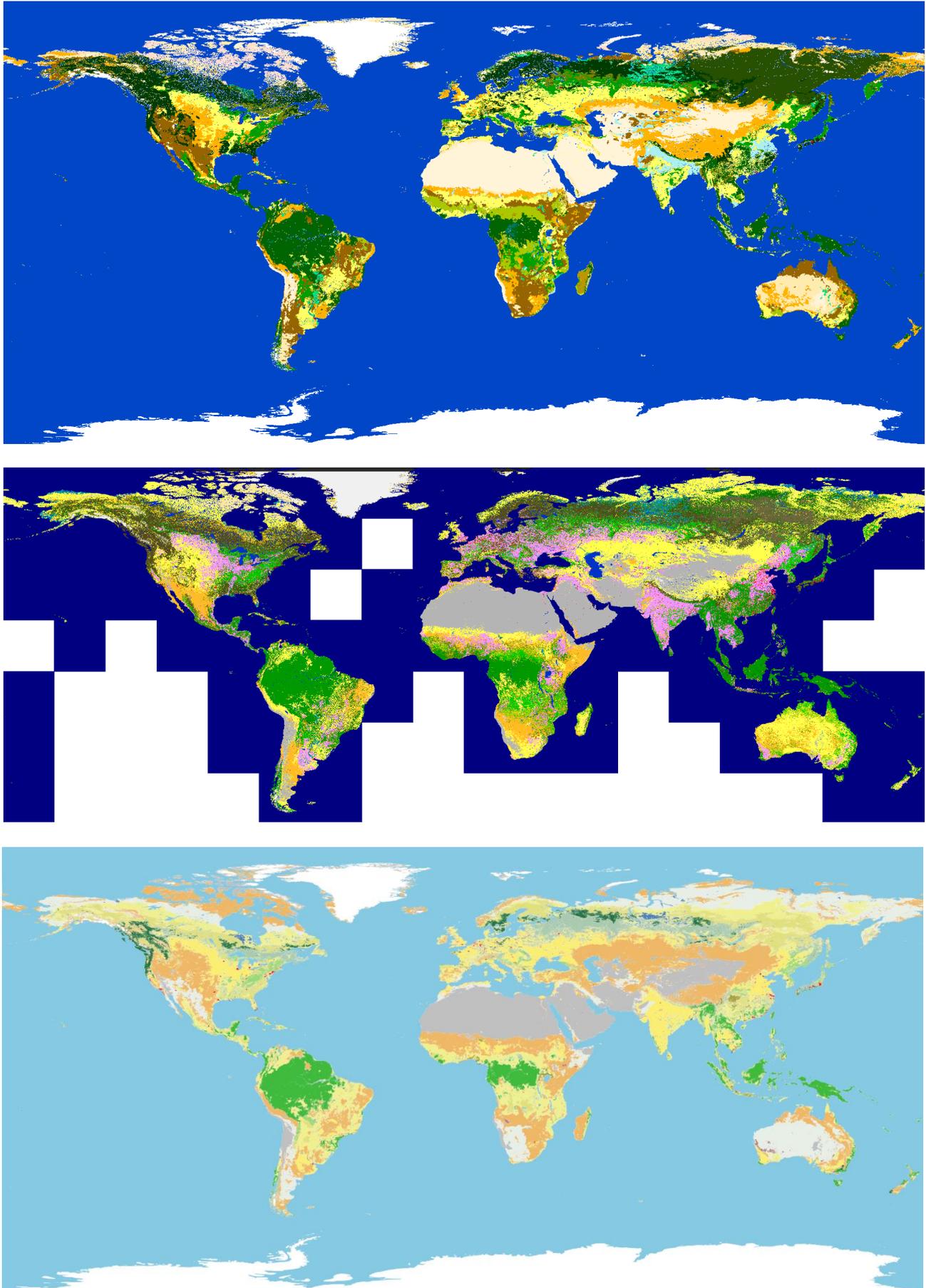


Abbildung 32 Resultierende Weltkarte der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 (von oben nach unten) (eigene Darstellung)

5 Diskussion

5.1 Analyse der bestehenden SWA-Bodenbedeckungskategorien

Die Unterkategorien des SWA-Kommentarbuches weisen eine unterschiedliche Detailliertheit auf. Während einige Kategorien ausführlich beschrieben sind, werden andere nur relativ oberflächlich beschrieben. Einige Beschreibungen weisen eine gewisse wissenschaftliche Sorgfalt auf, wobei beispielsweise die lateinischen Namen der in der Kategorie enthaltenen Pflanzen oder typische klimatische Bedingungen wie die Niederschlagsmenge genannt werden.

Die Unterteilung der Bodenbedeckungskategorien gemäss der Pflanzenformation und die uneinheitliche Beschreibung erschweren den Vergleich mit anderen Datenquellen. Eine Recherche im Internet hat keine vergleichbaren Datensätze mit derselben Unterteilung ergeben. Die Nutzung des Internets als Ressource basiert auf der Möglichkeit, Datenquellen zu visualisieren und unmittelbar herunterzuladen. Zudem kann auf diese Weise die Aktualität der Quellen überprüft werden. Um einen einfachen Datensatz vergleichbarer Kategorien zu erhalten, wurden nicht alle 53 Kategorien des SWA berücksichtigt, sondern die in Tabelle 3 (in Kapitel 4.1) 13 aufgeführten Oberkategorien verwendet. Es stellte sich heraus, dass genau diese Kategorien in der Legende der SWA-Ausgabe 2004 durch grössere Kästchen gekennzeichnet waren, wie die roten Pfeile in der Abbildung 33 zeigen.

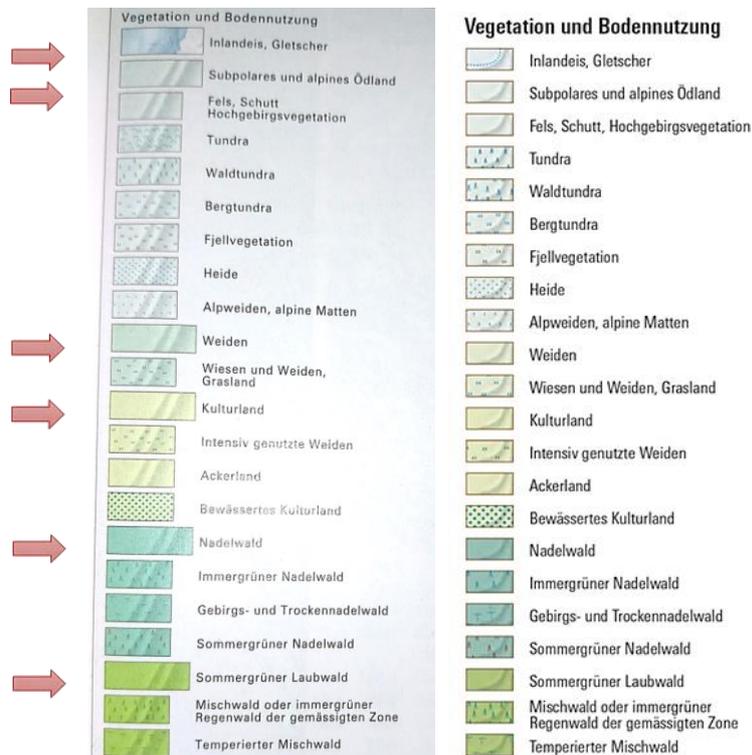


Abbildung 33 Abschnitt der Generallegende der SWA-Ausgabe 2004 (links) und der SWA-Ausgabe 2019 (rechts) (EDK, Schweizer Weltatlas, 2019)

Bei einer Gegenüberstellung der 13 SWA-Kategorien mit der Einteilung in Biome lassen sich signifikante Ähnlichkeiten feststellen. Das Schema in Anhang A 8 zeigt eine Verbindung der Kategorien der Einteilung nach der Pflanzenbildung mit den entsprechenden Kategorien der Einteilung in Biome, welche durch Pfeile dargestellt wird. Die roten X kennzeichnen demgegenüber diejenigen Kategorien, bei denen keine Übereinstimmungen festgestellt werden konnten. Obgleich eine divergierende Nomenklatur zugrunde liegt, konnte für nahezu alle Kategorien eine Übereinstimmung festgestellt werden. Sowohl das «Inlandeis» als auch die «Weiden» und das «Kulturland», wie sie in der vom SWA abgeleiteten Unterteilung definiert sind, sind in der hier vorgestellten Kategorisierung der Biome nicht enthalten. Stattdessen sind die Kategorien «Taiga» und «Mangroven» nicht in der Kategorisierung der Vegetationsformationen enthalten.

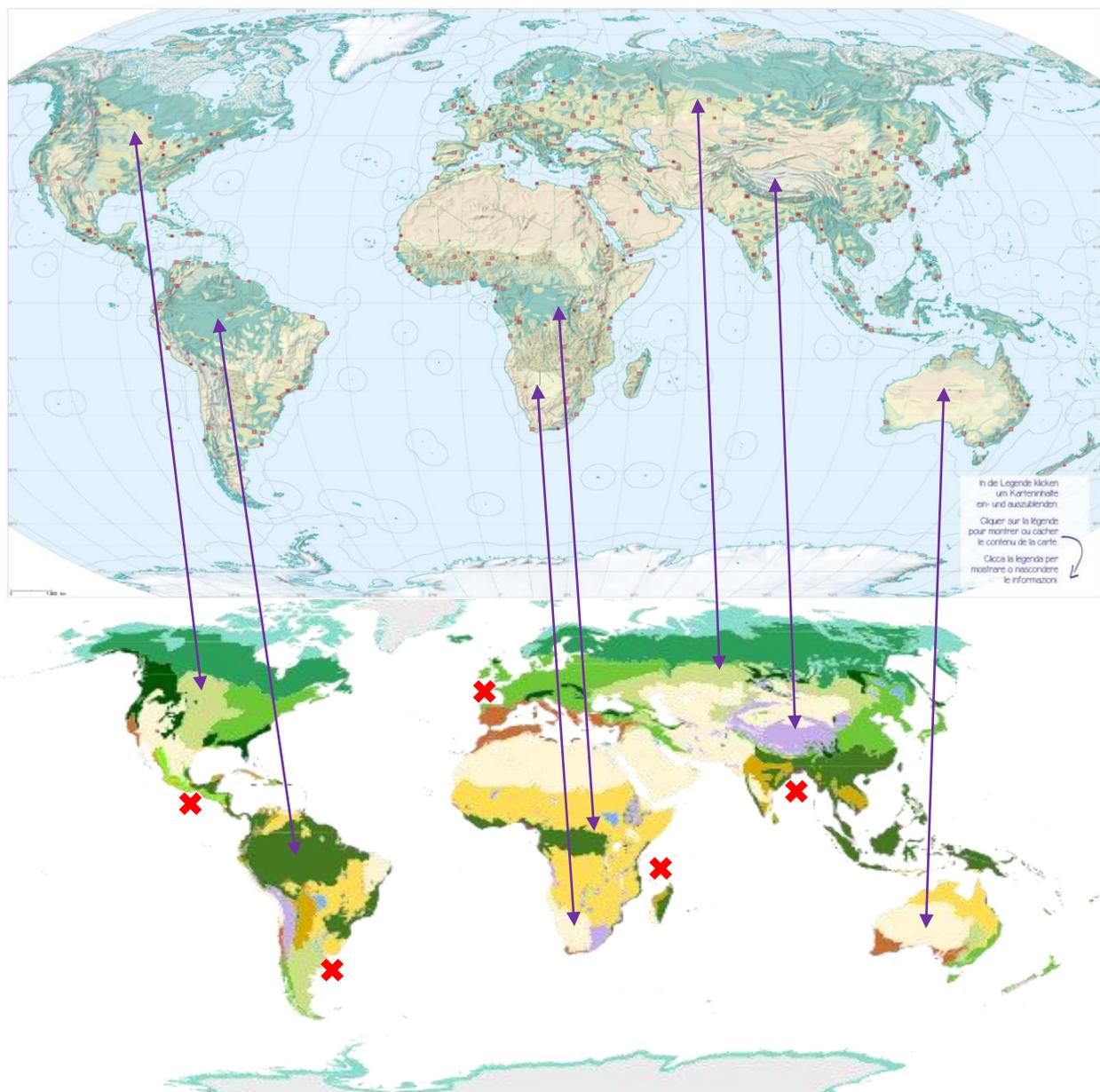


Abbildung 34 Vergleich der SWA-Klassen (oben) (Schweizer Weltatlas, 2024) und die Biome auf der Weltkarte (unten) (Terpsichores)

Ein ähnlicher Vergleich kann auch visuell vorgenommen werden, indem man die Weltkarten des SWA und der Biome nebeneinanderlegt. In der Abbildung 35 werden Beispiele für ähnlich umrissene Regionen gezeigt, die durch Pfeile verbunden sind, sowie Regionen, in denen der Umriss der Biome nicht dem Farbwechsel in der SWA-Karte folgt. Es sei darauf hingewiesen, dass in diesem Massstab nicht alle Details erkennbar sind. Der Fokus liegt jedoch auf der Darstellung von Parallelen und Abweichungen zwischen der Klassifizierung nach Pflanzenformationen und Diese könnten als Datenquelle für die Bodenbedeckung Verwendung finden oder in künftige Ausgaben des SWA integriert werden. Dagegen würde die Reduktion der Anzahl an SWA-Kategorien würde zwar eine Vereinfachung des Klassifizierungsschemas sowie eine Kontinuität mit den bisherigen Atlanten gewährleisten, allerdings gingen dabei zahlreiche Informationen verloren. Zudem wäre das System wiederum auf den bisher erhaltenen Daten aufgebaut, was implizieren würde, dass es sich nicht um eine aktuelle Quelle handelt. In Anbetracht dieser Überlegungen besteht die Alternative darin, ein neues Klassifikationssystem zu verwenden, das von dem des SWA abweicht.

5.2 Kommentar zur Umfrage

5.2.1 Inhalt der Umfrage

Die ursprünglich als Online-Befragung konzipierte Umfrage wurde aus logistischen und organisatorischen Gründen in ein Interview umgewandelt. Diese Planänderung führte zu einer erheblichen Verringerung der potenziellen Teilnehmerzahl, da die Durchführung der Interviews mehr Zeit erfordert. Die Anzahl von zwölf Teilnehmern könnte auf den ersten Blick gering erscheinen, aber im Verhältnis zu den insgesamt 15 kontaktierten Personen entspricht dies einer Erfolgsquote von 80 Prozent bei der Suche nach Umfragekandidaten. Die persönliche Befragung und die relativ kleine Teilnehmerzahl erleichterten die Interaktion mit den Befragten. Diese Vorgehensweise ermöglichte die Erhaltung von ausführlicheren Informationen neben den standardisierten fünf-Stufen-Antworten. Die Entscheidung, diese Antworten in Kuchendiagramme darzustellen, beruht darauf, dass es nicht so sehr auf die Anzahl der Teilnehmer ankommt, sondern darauf, die Meinungen im Verhältnis zu einer ganzen Zahl darzustellen.

Der Inhalt der Umfrage ist sicherlich nicht der beste oder effizienteste Weg, dennoch war er nützlich, um wertvolle Einblicke in den aktuellen Zustand des SWA zu erhalten. Dies nicht nur im Kontext der Darstellung der Bodenbedeckung. Es wurde eine Auswahl von repräsentativen SWA-Karten getroffen, die in der Umfrage gezeigt und bewertet werden sollten. Es

hätten auch andere Karten gewählt werden können. Als Alternative zum afrikanischen Kontinent hätte man zum Beispiel Nordamerika wählen können, welcher in Fläche und Ausdehnung auf verschiedenen Breitengraden vergleichbar ist. Als weiterer Kritikpunkt kann aufgeführt werden, dass die zu bewertenden Aussagen und die fünf Zustimmungsstufen anders hätten formuliert werden können. Diesbezüglich ist anzumerken, dass fünfstufigen Antworten abgewogen sind, da drei- und siebenstufigen Zustimmungsgrade eine zu grobe bzw. zu breite Auswahl zulassen. Es wäre auch denkbar, eine «Nicht bewertbare» Antwort hinzuzufügen, wobei in dieser Umfrage die Stufe «Neutral» gemeint war.

5.2.2 Resultate der Umfrage

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen deutlich, dass der SWA insgesamt ein Produkt von hoher Qualität ist. Es gibt jedoch Raum für Verbesserungen, um den Bedürfnissen der Schulen in den verschiedenen Kantonen und Bildungsstufen sowie den technologischen Entwicklungen besser gerecht zu werden. Die Befragten sagten, dass der SWA nur selten speziell für die Beobachtung von Vegetation und Bodenbedeckung verwendet wird. Sie gaben auch an, dass sie sich weniger, aber klarere Informationen und einen stärkeren Farbkontrast wünschen würden, um die Lesbarkeit der Karten zu verbessern. Dies manifestierte sich insbesondere bei der Auswertung der Karten, wo es den Teilnehmern mit zunehmender Grösse der dargestellten Region zunehmend Schwierigkeiten hatten, zwischen den Farben und Symbolen der verschiedenen Bodenbedeckungskategorien zu unterscheiden. Darüber hinaus hängt der Detaillierungsgrad der benötigten Informationen stark von der Schulstufe ab. Während eine hohe Genauigkeit bei der Beschreibung der Bodenbedeckung aus wissenschaftlicher Sicht von Interesse sein kann, gaben die Teilnehmer an, dass dies im schulischen Kontext weniger relevant ist.

5.2.3 Empfehlungen und zukünftige SWA-Ausgaben

Ein häufig geäussertes Wunsch der Umfrageteilnehmer war die Bereitstellung einer Online-Version parallel zur gedruckten Version des SWA. Sie behaupteten, dass die Schüler und Schülerinnen immer häufiger aufgefordert werden, Computer als Unterrichtsmittel zu verwenden, und dass Beamer und digitale Tafeln in den Klassenzimmern immer häufiger eingesetzt werden. Eine digitale Ausgabe wäre insbesondere für die Bodenbedeckungsanalyse von Vorteil, da sie den Benutzern eine genauere Betrachtung der Karteninhalte sowie der genauen Grenzen der verschiedenen Kategorien ermöglicht. Dies würde die Anwendbarkeit des SWA in einem Bildungsumfeld erhöhen. Die Einführung von klareren und stärker kontrastierenden Farben für die verschiedenen Vegetations- und

Bodenbedeckungskategorien kann die Benutzerfreundlichkeit signifikant erhöhen. Um den SWA entsprechend den Bedürfnissen der Nutzer weiter zu optimieren, kann eine erweiterte Umfrage durchgeführt werden, in der Vorschläge für neue Bodenbedeckungskarten präsentiert werden oder eine neue Online-Plattform evaluiert wird.

5.3 Beurteilung der Datenquellen-Auswertungsmethode

Im Rahmen der Beurteilung der gefundenen Datenquellen wurden diejenigen ausgewählt, die im Auswertungsprozess die höchste Anzahl von Sternen erhalten haben. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die übrigen Datenquellen als absolut ungeeignet zu betrachten sind. So können beispielsweise Daten, die nicht die ganze Welt abdecken, für bestimmte Regionen interessanter sein, oder wenn die Daten mehrere Jahrzehnte zurückliegen, können sie für historische Karten verwendet werden.

Es gibt zweifellos Spielraum für eine Optimierung der Auswertungsmethode anhand der festgelegten Kriterien. Die Kriterien können auf verschiedene Weise optimiert werden: Es könnten weitere Kriterien hinzugefügt, bestehende gestrichen oder verfeinert werden. Die definierten Schwellenwerte, welche die Vergabe eines Sterns bestimmen, können hinterfragt werden. Die Angabe eines maximalen Zeitraums von zehn Jahren für die Aktualität der Daten ist eine willkürliche Wahl, ebenso wie beispielsweise die Datenmenge, die auf 10 GB begrenzt wurde, weil die zu verarbeitende Datenmenge noch handhabbar sein sollte. Hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Daten lässt sich festhalten, dass alle online gefundenen Materialien als verlässlich genug zu betrachten sind, um verwendet zu werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Datenquellen auf Daten von offiziellen Institutionen wie der NASA oder der ESA basieren, welche als verlässlich gelten. Trotz der hier angestellten Überlegungen erwies sich die Auswertungsmethode als nützlich, um die Auswahl von zehn auf drei Datensätze zu beschränken.

5.4 Analyse der ausgewählten Datenquellen

5.4.1 Vor- und Nachteile der Arbeitsablauf

Die Resultate der Verarbeitung der drei selektierten Datensätze wurden auf Karten dargestellt, indem die unterschiedlichen Kategorien eingefärbt und kategorisiert wurden. Nach dem Herunterladen der gelieferten Daten im Rasterformat wird in den Dokumenten mit dem

Arbeitsablauf darauf hingewiesen, dass der nächste Schritt die Maskierung der Wasserflächen ist. Dieser Schritt ist im Hinblick auf die Generalisierung notwendig, da sich sonst die Kategorie «Wasserfläche» oder eine entsprechende Kategorie in den Küstengebieten ausbreiten und Land stehlen könnte. Auf diese Weise werden nur die Vegetationskategorien generalisiert, und dort, wo Wasserflächen vorhanden sind, können sie später überlagert werden.

Es folgt die Phase der Kategorisierung, in der jeder mit einer Nummer gekennzeichneten Kategorie der entsprechende Name und die entsprechende Farbe zugeordnet werden, die im Benutzerhandbuch des Datensatzes angegeben sind. Es ist anzumerken, dass die Namen der Kategorien nicht die Originalnamen der Datenquelle sind, sondern aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt wurden, um sie mit denen der SWA vergleichen zu können.

Für den Schritt der Generalisierung sind im Arbeitsablauf empfohlene Werte angegeben, die in das QGIS-Softwaretool «Sieben» einzugeben sind, die aber je nach gewünschtem Detaillierungsgrad variiert werden können. Je niedriger der Wert, desto mehr Details bleiben erhalten. Die Abbildung 36 zeigt ein Beispiel eines Kartenausschnittes der CCI- und Copernicus-Datensätze vor und nach Anwendung eines Generalisierungsalgorithmus. Es lässt sich gut erkennen, dass die Granularität nach der Generalisierung abnimmt. Dadurch werden «Flecken» besser erkennbar, ohne dass die Gesamtansicht durch eine Vielzahl kleiner Punkte beeinträchtigt wird. Die dargestellte Region entspricht genau einer Datenkachel des Copernicus-Datensatzes. Im Gegensatz dazu ist der CCI-Datensatz hingegen nicht in Kacheln unterteilt. Eine Generalisierung auf einzelne Kacheln könnte zu Inkonsistenzen zwischen benachbarten Kacheln führen. Daher wird eine geringere Auflösung (wie im Fall des MCD12C1-Datensatzes) oder ein eher geringer Generalisierungsgrad präferiert, sodass die Klassifizierung jedes Pixels mit dem originären Datensatz übereinstimmt. Dies ist jedoch bei diesem Kartenmassstab irrelevant. Bei dem Versuch, den gesamten Globus zu visualisieren, ist eine Unterteilung der Datei erforderlich. Dabei kann eine Unterteilung ähnlich wie bei Copernicus hilfreich sein. Tatsächlich war bei einigen Datenquellen nicht möglich, die gesamte Welt in einem Schritt zu vektorisieren, da einige Datensätze sehr grosse Datenmengen enthielten. In diesen Fällen wurden nur Teile der Welt vektorisiert, die in den folgenden Kapiteln verglichen und analysiert werden.

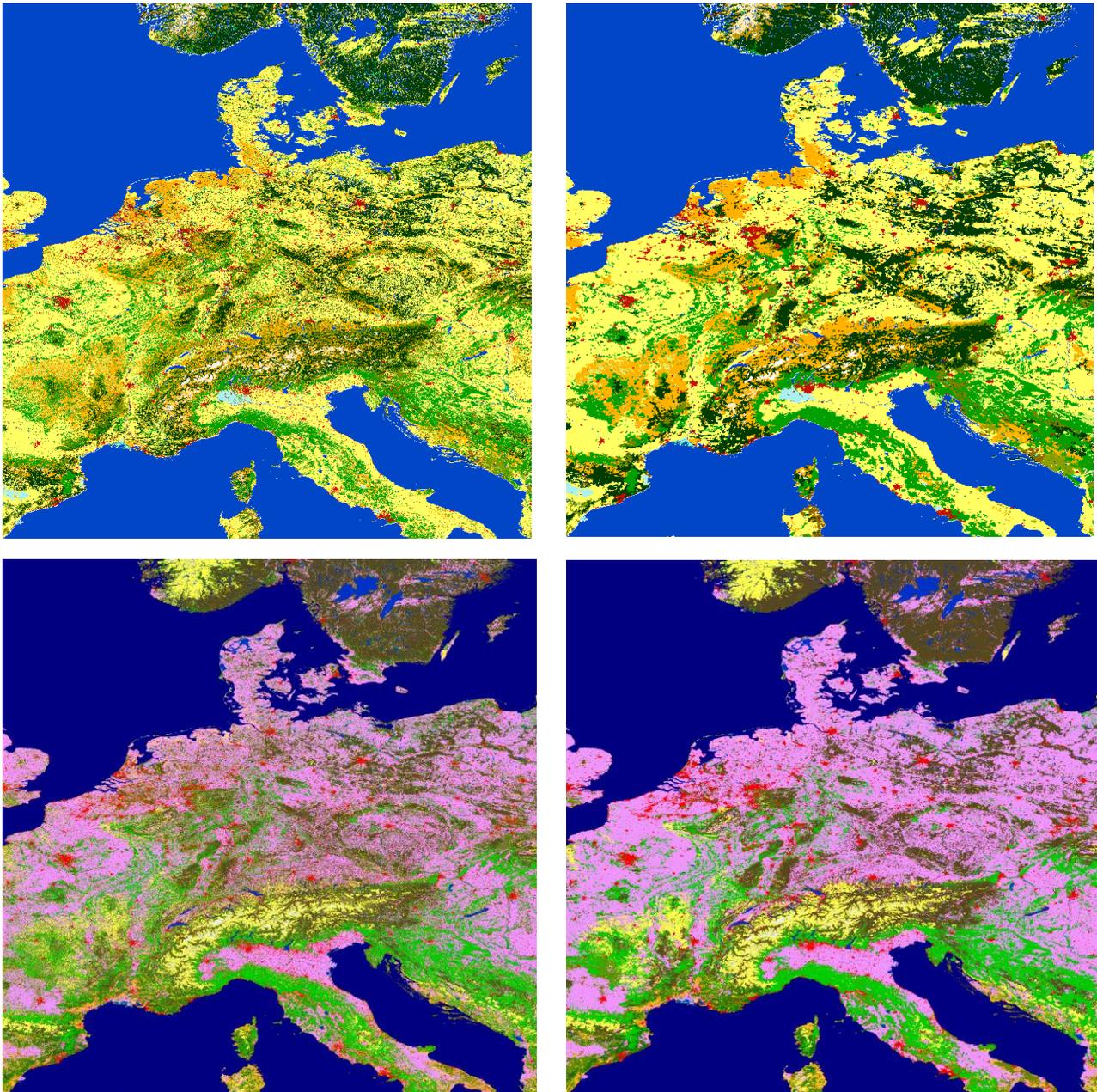


Abbildung 35 Vergleich von CCI- (oben) und Copernicus-Karten von Mitteleuropa (unten) vor (links) und nach der Generalisierung (rechts) (eigene Darstellung)

5.4.2 Bodenbedeckungskategorien

Um die Vergleichbarkeit der aus den verschiedenen Datensätzen gewonnenen Karten zu erhöhen, wurde zunächst eine tabellarische Gegenüberstellung der Bodenbedeckungskategorien vorgenommen. Diese Vorgehensweise erlaubt eine visuell deutlichere Erkennung von Unterschieden hinsichtlich der Anzahl und Art der Kategorien. Im Anhang A 8 befindet sich eine Tabelle, in der die Kategorien der drei ausgewählten Datensätze mit den Kategorien des SWA verglichen werden. Dabei werden die Kategorien, für die im SWA eine entsprechende gefunden wurde, links von der violetten Linie aufgeführt, während die übrigen Kategorien rechts zu finden sind. Die Gegenüberstellung der Spalten zeigt, dass alle drei

ausgewählten Datensätze «Wasserflächen» und «bebaute Gebiete» oder ähnliche Bezeichnungen enthalten, die in den SWA-Kategorien nicht vorkommen. Betrachtet man die Namen der Kategorien, so stellt man fest, dass nur die SWA-Kategorien Informationen enthalten, die sich auf terrestrische Breitengrade beziehen, wobei die Begriffe «subtropisch», «gemäßigt» und «subpolar» als Beispiele angeführt werden. Des Weiteren ist festzustellen, dass keiner der gefundenen Datensätze spezifische Biome wie «Tundra» oder «Salzwüste» beinhaltet. Die signifikantesten Diskrepanzen zwischen den Datensätzen manifestieren sich in der Differenzierung der Waldtypen, welche in CCI und Copernicus auf der Vegetationsdichte basieren. Im Copernicus wird eine Differenzierung zwischen «offener» und «geschlossener» Vegetation vorgenommen, während im CCI ein Prozentsatz der Bodenbedeckung angegeben wird.

Der Datensatz mit den meisten SWA-ähnlichen Kategorien ist MCD12C1, obgleich er insgesamt weniger Kategorien als die beiden anderen Datensätze aufweist. MCD12C1 hat 17 Kategorien, Copernicus 23 und CCI, der detaillierteste Datensatz, umfasst 35 Kategorien. Vergleicht man die drei Datensätze miteinander, wobei die CCI in der ersten Spalte als Referenz dient (siehe Anhang A 10), so zeigt sich, dass es mehr Übereinstimmungen mit dem Copernicus-Datensatz gibt, aber viele der zusätzlichen Kategorien sind auf die Tatsache zurückzuführen, dass ähnlich benannte Bodenbedeckungskategorien durch die Vegetationsdichte unterschieden werden. Für fast alle Kategorien von Copernicus und MCD12C1 wurde eine Übereinstimmung gefunden. Ausgenommen sind die nur in MCD12C1 vorkommenden Kategorien «Savannen» sowie nur in Copernicus enthaltene Kategorien «permanente Wasserflächen», «unbekannter Wald» und eine «Laubwald»-Kategorie.

Ein weiterer Datensatz, für den eine signifikante Anzahl von Übereinstimmungen identifiziert wurde, ist Copernicus mit MCD12C1, wie in Tabelle 5 dargestellt. Die MCD12C1-Kategorien, für die keine vergleichbare Kategorie identifiziert werden konnte, umfassen «Gebüsche», «Schnee und Eis» sowie «Savannen».

Es sei darauf hingewiesen, dass bei der Zuordnung der Kategorien keine klar definierten Kriterien angewandt wurden. Kategorien mit gleichem oder ähnlichem Namen konnten ziemlich einfach übereinstimmend zugeordnet werden. Die Klassifizierung von Wald- und Strauchkategorien stellte sich demgegenüber als anspruchsvoller dar, da eine divergierende Nomenklatur oder eine mehr oder minder detaillierte Differenzierung, beispielsweise basierend auf der Dichte, zu verzeichnen war. Der Hauptzweck dieses Vergleichs bestand jedoch darin, die Unterschiede zwischen den Datensätzen besser zu verstehen.

Copernicus	MCD12C1	MCD21C1
Keine Input Daten verfügbar	Unklassifiziert	
Strauchland		
Grünland	Grünland	
Ackerland	Ackerland	
Aufgebaut	Städtische und bebaute Gebiete	
Kahle / verstreute Vegetation	Kahl oder spärlich bewachsen	
Permanente Wasserflächen		Geschlossene Gebüsche
Grünland-Feuchtgebiet	Permanente Feuchtgebiete	Offene Gebüsche
Laubabwerfender Laubwald geschlossen		Bewaldete Savannen
Moos und Flechten		Savannen
Immergrüner, nadelförmiger geschlossener Wald	Immergrüne Nadelbaumwälder	
Immergrüner geschlossener Laubwald	Immergrüne Laubwälder	
Laub-Nadelwald geschlossener Wald	Sommergrüne Nadelbaumwälder	
Laubabwerfender geschlossener Laubwald		
Gemischter geschlossener Wald Typ	Mischwald	Mosaik aus Ackerland und natürlicher Vegetation
Unbekannter geschlossener Wald Typ		Schnee und Eis
Immergrüner nadelblättriger offener Wald		
Immergrüner offener Laubwald		
Laubwald mit Nadelblättern		
Sommergrüner Laubwald	Sommergrüne Laubwälder	
Gemischter offener Wald Typ		
Unbekannter offener Wald Typ		
Ozean	Wasserflächen	

Tabelle 5 Vergleich der Copernicus-Kategorien mit MCD12C1

5.4.3 Welt

Bei Betrachtung der in Kapitel 4.4 präsentierten Weltkarten lässt sich feststellen, dass sie eine aus globaler Sicht einen guten Überblick bieten und verschiedenen Vegetationsgebiete ähnlich unterscheidet werden. Allerdings ist die Identifizierung verschiedener Gebiete mit detaillierteren Bodenbedeckungskategorien jedoch selbst mit Hilfe einer Legende schwierig, insbesondere bei gedruckten Karten, bei denen ein Zoomen nicht möglich ist.

Die Karte von MCD12C1 weist eine hohe Ähnlichkeit mit der SWA-Karte auf Seite 186 auf, was auch an der grösseren Anzahl ähnlicher Kategorien erkennbar ist. Es ist bemerkenswert, dass bei einer Substitution der Datensatzfarben durch die SWA-Farben eine gewisse Übereinstimmung zu beobachten ist (siehe Abbildung 37). Dies bestätigt die Verlässlichkeit

der bisher vom SWA bereitgestellten Daten. Obschon die Auflösung nicht die höchste der untersuchten Datensätze ist, zeigt sich bei diesem Massstab eine kaum merkliche Auswirkung. Somit lässt sich ableiten, dass die MCD12C1 diejenige Karte ist, die sich potenziell am besten eignet, um eine Gesamtübersicht zu erstellen, die dem Vorschlag der Umfrage folgt, weniger und klarere Kategorien zu verwenden.

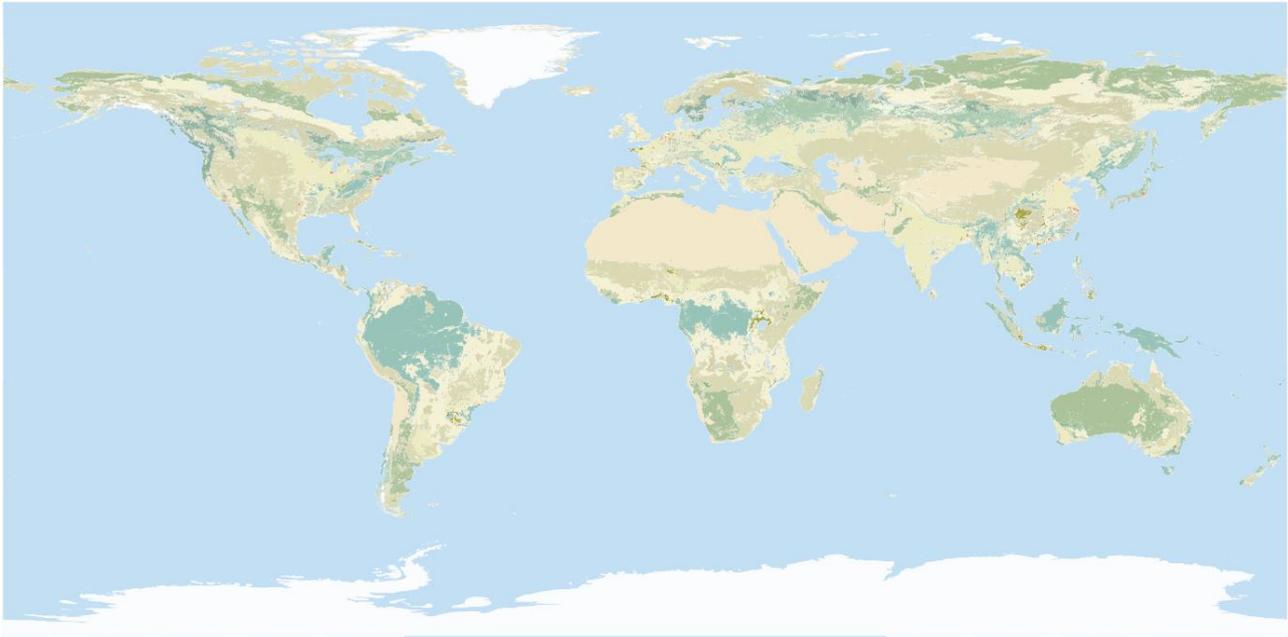


Abbildung 36 Resultierende Weltkarte der Datensatz MCD12C1 mit SWA ähnlichen Farben (eigene Darstellung)

5.4.4 Afrika

Der Kontinent Afrika eignet sich für einen Vergleich der Bodenbedeckung, da er eine Vielzahl unterschiedlicher Breitengrade umfasst und eine bemerkenswerte Vielfalt an Vegetationstypen aufweist. In diesem Massstab lassen sich detailliertere und präzisere Vegetationskategorien erkennen. Bei Betrachtung der Konturlinien der Vegetationskategorien in der Abbildung 38 sieht man, dass Copernicus der Datensatz ist, der der SWA-Karte von Afrika am nächsten kommt. Im Vergleich dazu weist CCI eine höhere Granularität auf, während MCD12C1 eine geringere Detailtreue aufweist.

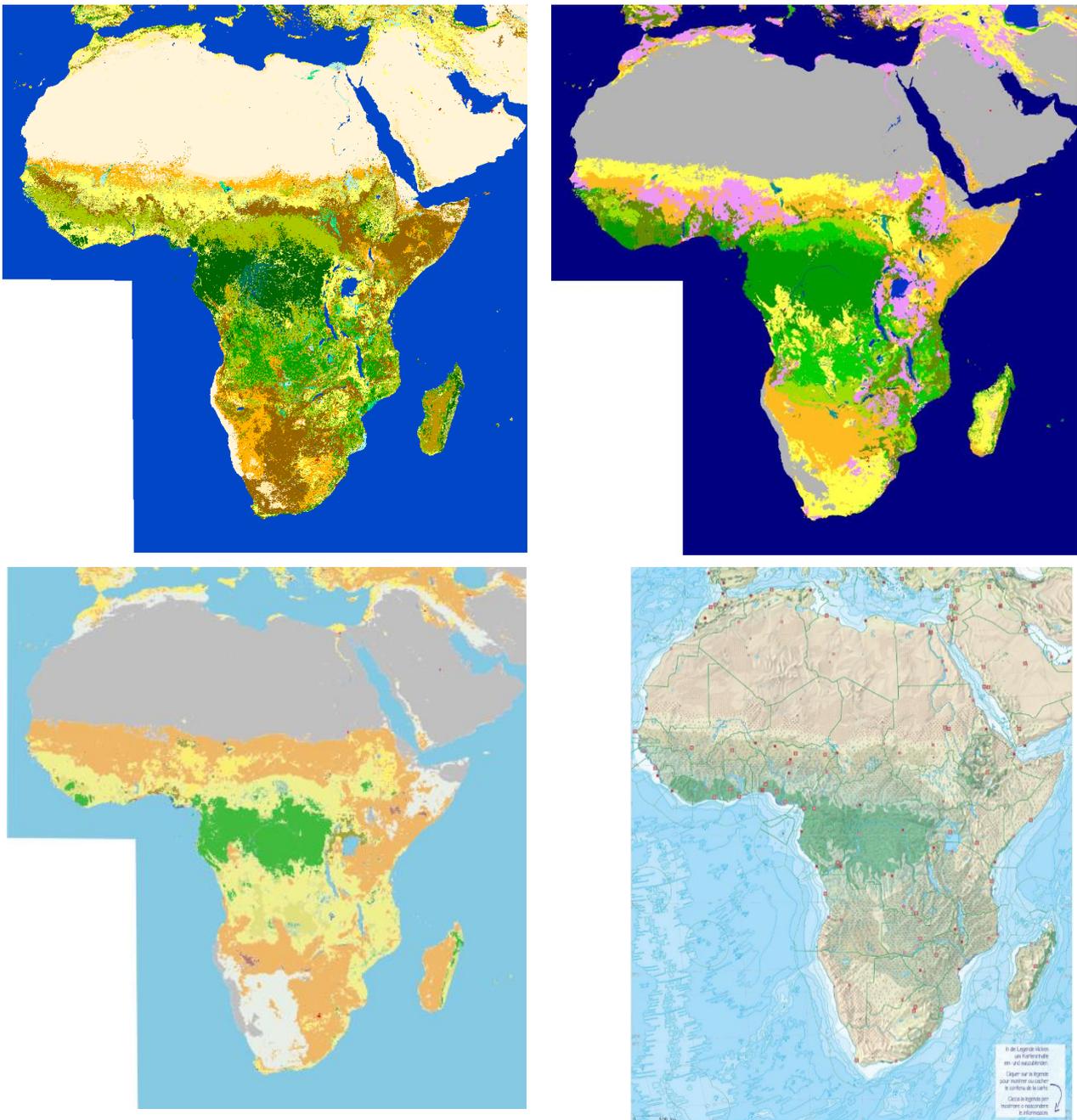


Abbildung 37 Resultierende Afrika-Karten der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 und der SWA (von links nach rechts, von oben nach unten) (eigene Darstellung)

Der Versuch, die drei Datensätze mit den Farben aus dem SWA einzufärben, wie in Abbildung 39 dargestellt, zeigt weitere Unterschiede. Für die Mehrheit der Kategorien konnte keine entsprechende Farbe in den SWA-Kategorien identifiziert werden, sodass dieselbe Farbe mit einer Kategorie assoziiert wurde, die sich auf sie beziehen konnte. Es lassen sich signifikante Unterschiede zwischen den Gebieten mit den verschiedenen Grüntönen feststellen, insbesondere in Zentralafrika. CCI zeigt mehr Beigetönen, MCD12C1 Afrika-Karte sieht dunkler aus, im Vergleich zu den anderen zwei. Dies verdeutlicht die mangelnde Kompatibilität zwischen den Kategorien der einzelnen Datensätze, insbesondere im Hinblick auf die SWA-Klassifizierung.

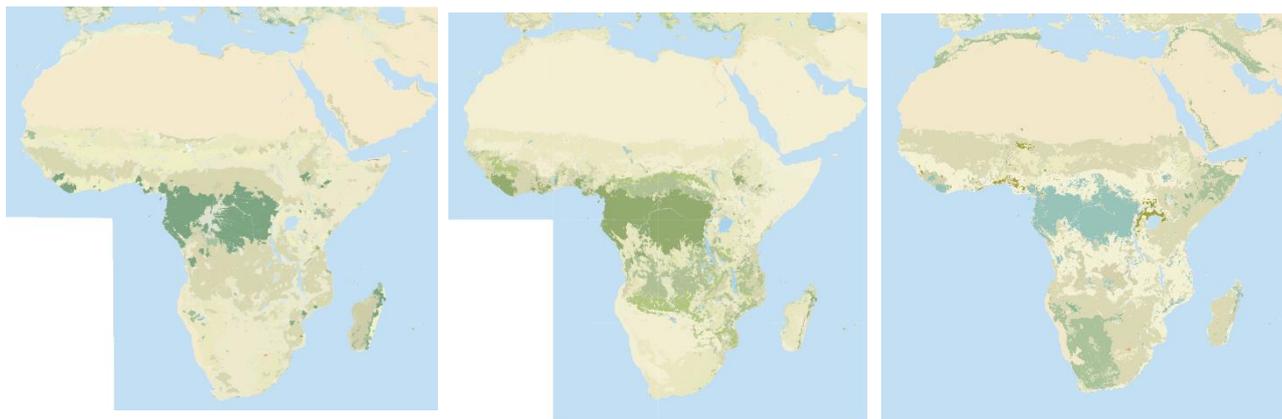


Abbildung 38 Resultierende Afrika-Karten der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 mit SWA ähnlichen Farben (von links nach rechts) (eigene Darstellung)

5.4.5 Mitteleuropa

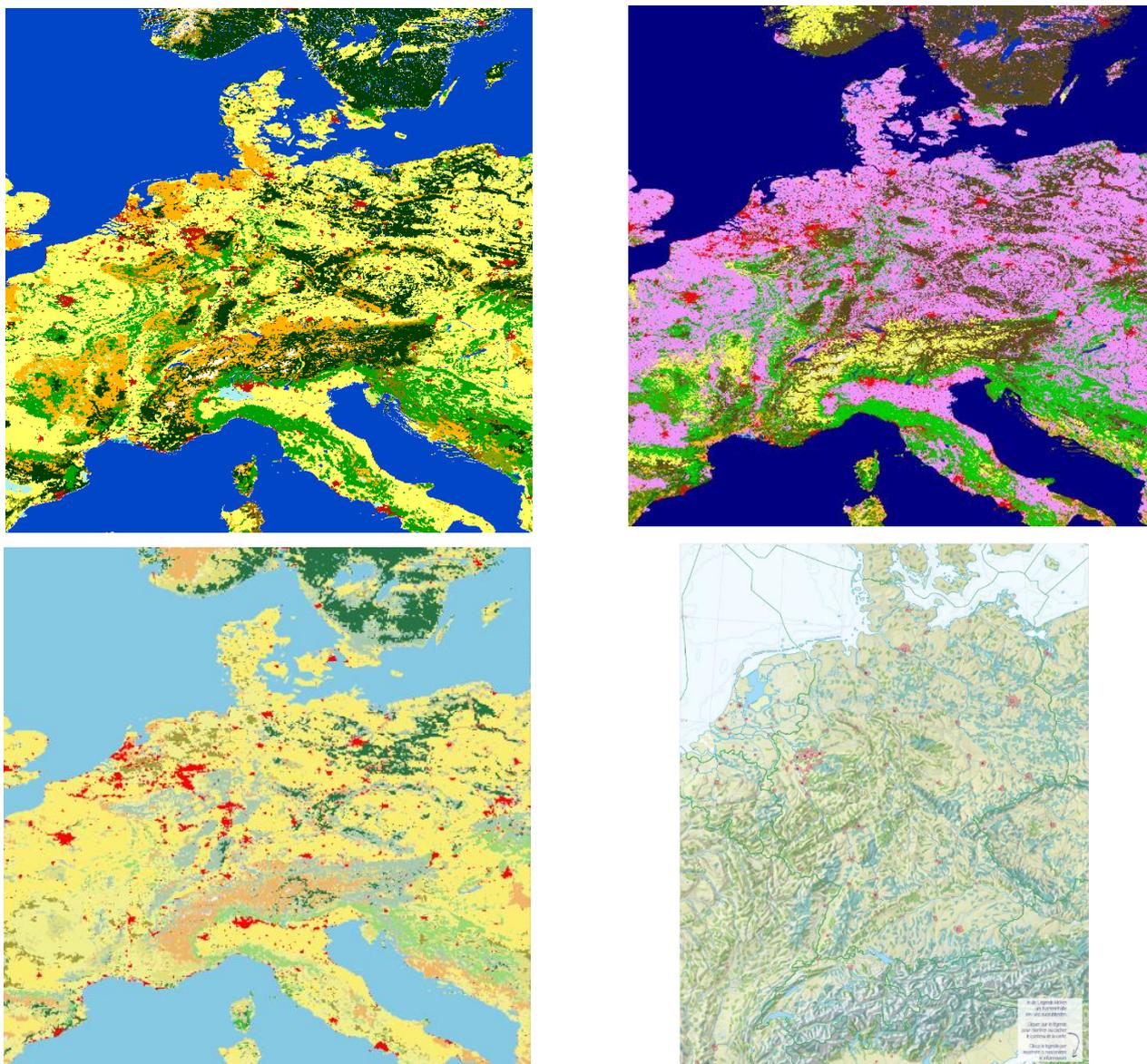


Abbildung 39 Resultierende Mitteleuropa-Karte der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 und der SWA (von links nach rechts, von oben nach unten) (eigene Darstellung)

Die grössten Unterschiede zwischen den Karten von Mitteleuropa auf Abbildung 40 lassen sich im Alpenbogen beobachten, wo der Datensatz MCD12C1 weniger Kategorien aufweist als die anderen Datensätze. Bei der Beobachtung bebauter Gebiete zeigt sich deutlicher, dass die Auflösung dieses Datensatzes geringer ist als die der anderen. Die ausgeprägte Granularität manifestiert sich insbesondere bei Berücksichtigung von Wasserflächen, insbesondere bei kleineren Flächen wie dem Genfer See. Andere Differenzen sind im Apennin-Bogen in Italien, in der Auvergne-Rhône-Alpes und in Schweden zu beobachten, wo je nach Datensatz eine unterschiedliche Anzahl an Kategorien dargestellt wird. Bei einem Vergleich der Karten lässt sich feststellen, dass in allen Karten (die bereits das Ergebnis nach dem Schritt der Generalisierung zeigen) eine ähnliche Granularität zu beobachten ist, insbesondere über Deutschland. Auch hier zeigt MCD12C1 weniger Details in der Differenzierung der Bodenbedeckung, weshalb es auf den ersten Blick verständlicher ist und daher der Favorit ist. Der CCI-Datensatz unterscheidet die Waldkategorien stärker, ebenso wie Copernicus, wenn auch in geringerem Masse. Für einen höheren Detaillierungsgrad nach Weltregionen können die Verwendung eines dieser beiden Datensätze in Betracht gezogen werden.



Abbildung 40 Resultierende Mitteleuropa-Karten der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 mit SWA ähnlichen Farben (von links nach rechts) (eigene Darstellung)

Bei Betrachtung der Karten, die mit ähnlichen Farben wie die des SWA (siehe Abbildung 41), zeigen sich ebenfalls signifikante Unterschiede, insbesondere zwischen den mit Grüntönen gekennzeichneten Gebieten. Die gleiche Farbskala erleichtert den Vergleich der Datensätze und damit kann man gut erkennen, dass die häufigsten Vegetationen in Mitteleuropa Ackerland, Wiesen und Wälder sind. Die bebauten Gebiete hingegen zeigen in sämtlichen Datensätzen eine hohe Übereinstimmung.

5.4.6 Insel Fünen (Dänemark)

Bei einer Vergrößerung des Untersuchungsbereichs auf die dänische Insel Fünen werden die Diskrepanzen in der Auflösung zwischen den drei Datensätzen deutlich. Die Auflösung des MCD12C1-Datensatzes ist nicht ausreichend, um diesen ohne weitere Bearbeitung als

Grundlage zu verwenden. Insbesondere entlang der Küstenlinien lassen sich die Umrisse der aus dem Datensatz im Rasterformat abgeleiteten Kacheln erkennen (vgl. Abbildung 42). Die bereits verallgemeinerten CCI- und Copernicus-Datensätze spiegeln die Daten von MCD12C1 wider, wobei aufgrund der höheren Auflösung dieses Problems in diesem Massstab keine Widerspiegelung erfolgt, sondern ein höherer Detailgrad zu beobachten ist. In diesem Fall scheint CCI einen höheren Generalisierungsgrad bzw. Copernicus eine höhere Granularität aufzuweisen, was sich jedoch durch die Einstellung eines anderen Generalisierungsparameter ändern kann. Für solche grossmassstäbliche Karten wäre es daher empfehlenswert, die generalisierte CCI- oder Copernicus-Datensätze zu verwenden.

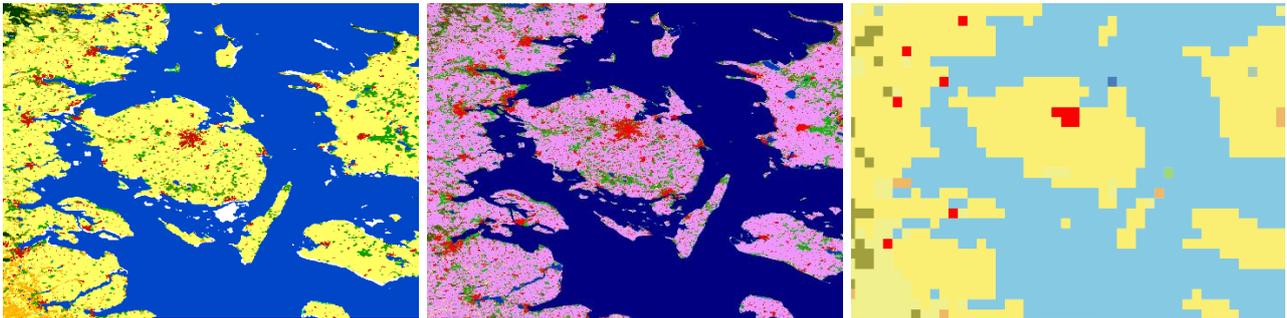


Abbildung 41 Resultierende Insel Fünen-Karte der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 und der SWA (von links nach rechts, von oben nach unten) (eigene Darstellung)

5.5 Abschliessende Beurteilung

Aus den Überlegungen zu den unterschiedlichen Bodenbedeckungskategorien der drei analysierten Datensätze und den Karten in verschiedenen Massstäben resultierte zunächst die Erkenntnis, dass die Datensätze untereinander sowie mit dem SWA in Bezug auf die Kategorisierung keine exakte Vergleichbarkeit aufweisen. Es lassen sich jedoch sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede feststellen. Der MCD12C1-Datensatz erweist sich für die Erstellung kleinmassstäbiger Karten oder Karten von kontinentalen oder subkontinentalen Regionen als besonders geeignet. Aufgrund der bereits geringeren Auflösung dieses Datensatzes ist eine Generalisierung der Bodenbedeckungskategorien nicht unbedingt erforderlich. Für grossräumige Regionen hingegen erweist sich dieser Datensatz als unzureichend beschreibend für die Realität, weshalb die Verwendung von CCI oder Copernicus empfohlen wird. Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht in der Verwendung zweier Datensätze mit zwei verschiedenen Kategorisierungen. Um dieses Problem zu überwinden, könnte eine balancierte Lösung sein, den Copernicus-Datensatz zu verwenden, welches nur über sechs weitere Kategorien als MCD12C1 verfügt. Eine weitere Möglichkeit sieht die Nutzung der CCI-Daten vor, wobei die ähnlichsten Kategorien zu Gruppen zusammengefasst und

ihre Anzahl reduziert wird. Der hier zur Diskussion stehende Datensatz weist jedoch zwei wesentliche Nachteile auf: Einerseits ist die Nutzungsfreiheit der Daten eingeschränkt, andererseits handelt es sich um eine relativ grosse Datenmenge, die verarbeitet werden muss. Für die Nutzung der Daten zu kommerziellen Zwecken ist eine Lizenz erforderlich, während dies bei den anderen beiden Datensätzen nicht der Fall ist. Das Volumen der CCI-Daten übersteigt 40 GB, wobei diese Datenmenge die Basisdaten, die bearbeiteten Karten und die notwendigen Begleitdateien umfasst. In absteigender Reihenfolge der Datenmenge folgen Copernicus mit knapp über 20 GB und MCD12C1 mit etwa 5 GB. Diesbezüglich ist MCD12C1 vorzuziehen. In Abhängigkeit von den Anforderungen der SWA-Redaktion sowie den eingesetzten Werkzeugen (Software, Datenspeicher etc.) kann jedoch eine abschliessende Beurteilung hinsichtlich der Eignung der jeweiligen Optionen erfolgen.

Ein allgemeiner Nachteil der Verwendung der vorgeschlagenen Datenquellen besteht in der Abhängigkeit von den Anbietern dieser Daten sowie deren Verpflichtung zur Datenpflege. Jedoch besteht selbst bei Ausfall einer Datenquelle eine hinreichende Auswahl an alternativen Datenquellen, sodass die Datenverfügbarkeit gewährleistet bleibt.

6 Fazit und Ausblick

6.1 Erreichung der Ziele

Im Lichte der Ergebnisse, die in den verschiedenen Phasen dieser Masterarbeit erzielt wurden, war es möglich, eine Antwort auf jede der ursprünglich gestellten Fragen zu finden.

- Die gegenwärtigen Bodenbedeckungskategorien des SWA sind nicht länger kompatibel mit den verfügbaren, online gefundenen Datensätzen. Die aktuellen Bodenbedeckungsklassifizierungen basieren auf überwachten und unüberwachten Algorithmen, die auf Satellitenbilder mit einer räumlichen Auflösung von bis zu 300 m angewendet und regelmässig auf der Basis neuerer Satellitenbilder aktualisiert werden.
- Im Rahmen der Lehre ist es empfehlenswert, sich an die sich entwickelnden Technologien anzupassen und somit den aktuellen Standards zu entsprechen. Diese Schlussfolgerung basiert auf den wiederholt geäusserten Wünschen der Umfrageteilnehmer hinsichtlich einer digitalen Version der SWA, die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführt wurde. Obschon das SWA als didaktisch wertvoll erachtet wird, eignet er sich nicht als primäre Referenz für die Analyse von Bodenklassen. Die Ursachen hierfür sind einerseits in der Auswahl der in den Vorlesungen behandelten Themen zu finden, andererseits in der mangelnden Klarheit der Nomenklatur und insbesondere der Farbkodierung, insbesondere bei kleinmassstäblichen Karten.
- Der Prozess zur Erstellung von Basiskarten für den SWA mit Landbedeckungskategorien umfasst eine Reihe von Schritten, die in Abhängigkeit vom jeweiligen Datensatz variieren. Die grundlegenden Arbeitsschritte, die für jeden der identifizierten Datensätze gelten, umfassen das Herunterladen der Daten, die Symbolisierung und Einfärbung gemäss den im Datensatz beschriebenen Kategorien, anschliessend die Generalisierung und die Vektorisierung.

6.2 Allgemeine Schlussfolgerungen

Die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführte Untersuchung hat gezeigt, dass keiner der drei Datensätze als optimale Quelle für Basisdaten aller Massstäbe geeignet ist, sofern keine weiterführende Bearbeitung erfolgt. Es wurden mehrere Optionen ermittelt, darunter die Kombination verschiedener Datensätze. Der MCD12C1-Datensatz erwies sich aufgrund seiner Benutzerfreundlichkeit und vor allem für die Visualisierung grosser Regionen als der

beste. Während der Copernicus-Datensatz eher für die Visualisierung weniger umfangreicher Regionen geeignet ist. CCI wurde aus verschiedenen Gründen verworfen, alternativ kann sie als Reserve beibehalten werden. Diese Ergebnisse bilden eine Grundlage für die Erstellung von Bodenbedeckungskarten und dienen somit als Ausgangspunkt für weitere Entwicklungen der SWA-Übersichtskarten.

6.3 Limitationen

Die Hauptschwierigkeiten dieser Studie ergeben sich aus dem Mangel an Datenquellen, die direkt mit denen des SWA vergleichbar sind und aus dem Fehlen von Richtlinien für die Vorgehensweise oder Bedingungen für die Auswahl der Daten. Diese Kriterien mussten festgelegt werden, eine Änderung dieser Kriterien könnte dazu führen, dass andere Datenquellen geeigneter wären. Darüber hinaus basieren alle gefundenen Quellen auf Satellitenbildern; es ist davon auszugehen, dass es weitere Quellen gibt, die z.B. auf vor Ort erhobenen Daten basieren.

Beim Start zu dieser Masterarbeit, war nicht bekannt, ob es Datenquellen gibt, die dem SWA ähnlich sind. Die negativen Suchergebnisse waren der Auslöser, für die Suche nach neuen Datenquellen und die Erstellung von neuen Karten. Diese wären dann in die Befragung der Geographielehrerinnen und -lehrer eingeflossen, aber die Durchführung der Interviews hätte wahrscheinlich mehr Zeit in Anspruch genommen. Bezüglich der Arbeitsabläufe sind diese jetzt als gültig anzusehen, wenn sich z.B. das Datenformat oder die Verarbeitungssoftware ändern würde, müssten diese Dokumente revidiert werden.

6.4 Mögliche zukünftige Arbeiten

Es ist von entscheidender Bedeutung, darauf zu achten, dass die Auswahl der geeigneten Datensätze getroffen wird, um eine hohe Qualität der erstellten Karten zu gewährleisten. Daher wird für künftige Projekte empfohlen, kontinuierlich verschiedene Datensätze zu evaluieren und deren Eignung für die spezifischen Anforderungen zu prüfen. Dies führt nicht nur zu einer Steigerung der Qualität der Bodenbedeckungskarten, sondern auch zu einer Erleichterung ihrer Anwendung in unterschiedlichen geografischen und thematischen Kontexten.

Mit den vorgeschlagenen Datensätzen besteht die Möglichkeit, zusätzliche Informationen wie Ortsnamen oder ein Relief zu überlagern, um eine Karte zu simulieren, die dem Stil des SWA entspricht. Ein weiterer Schritt wäre die Bereitstellung der gleichen Karten, die für die gedruckte Version vorgesehen sind, auch in digitaler Form auf der SWA-Webseite. Dies würde den Nutzern die Möglichkeit bieten, die Karten zu bearbeiten, beispielsweise durch Heranzoomen und eine detailliertere Betrachtung der Vegetation. Als Methode zur Bewertung der neuen Bodenbedeckungskarten des SWA, einschliesslich der Beurteilung ihrer grafischen Darstellung und der Bodenbedeckungskategorien, könnte eine weitere Umfrage unter Geografielehrern durchgeführt werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Buchdeckel des Schweizer Weltatlas (ehemals Schweizer Schulatlas) von 1910 bis 2000 (Hurni, Schenkel, Häberling, & Grötsch, 2015).....	11
Abbildung 2 Abschnitte der Generallegende der SWA-Ausgabe 2019 (EDK, Schweizer Weltatlas, 2019).....	12
Abbildung 3 Vegetationskarte von Asien (links) und Nordamerika (rechts) (EDK, Schweizer Weltatlas, 1936)	12
Abbildung 4 Vegetationskarte von Asien (links) und Nordamerika (rechts) (EDK, Schweizer Weltatlas, 1962)	13
Abbildung 5 Karte der terrestrischen Biome gemäss «Global 2000» (Terpsichores).....	20
Abbildung 6 Beispiel von Hard-Klassifikation: jeder Pixel wird einer Klasse zugewiesen (Baltsavias, 2019).....	23
Abbildung 7 Beispiel von segment-basierte Klassifikation (Baltsavias, 2019).....	24
Abbildung 8 Beispiel von Soft-Klassifikation: Wahrscheinlichkeit (% der Pixelfläche) von vier Klassen. Keine eindeutige Zuweisung jedes Pixels zu einer Klasse (Baltsavias, 2019)	24
Abbildung 9 Vergleich zwischen Segment- (links) versus pixel-basierte (rechts) Klassifikation (Baltsavias, 2019)	25
Abbildung 10 Graphische Darstellung des Reflexionsgrads in Abhängigkeit von der Wellenlänge und der Klassifizierung (Baltsavias, 2019)	25
Abbildung 11 Typische Prozedur für überwachte Klassifikation (Lillesand, 2000)	26
Abbildung 12 Screenshot des ESA/CCI Online-Viewers (Geoportal of Geomatics, s.d.)	27
Abbildung 13 Screenshot der Karte der Dynamics Land Cover, all forest types (COPERNICUS, kein Datum)	29
Abbildung 14 Screenshot der ESA WorldCover-Viewer (WorldCover, s.d.).....	30
Abbildung 15 Screenshot von ESRI Land Cover 10m (Impact Observatory, s.d.)	31
Abbildung 16 Karte der dominanten GLC-SHARE Land Cover Klassen (Latham, Cumani, Rosati, & Bloise, 2014)	32
Abbildung 17 Screenshot von Global Forest Change Karte, Prozentsatz der Baumbedeckung (University of Maryland, s.d.)	33
Abbildung 18 Screenshot von Global Land Cover and Land Use Change Karte (GLAD, s.d.).....	34
Abbildung 19 Screenshot von MCD12C1 Weltkarte (Earthdata, s.d.).....	35
Abbildung 20 Screenshot der OSM LC-Karte über Europa (HeiGIT gGmbH, kein Datum)	36
Abbildung 21 Weltkarte der GLCC Land Cover Classification (EROS Center, 2018)	37
Abbildung 22 Antwort auf die Frage «Wie beurteilen Sie den Nutzen des SWA im Geografieunterricht im Allgemein?».....	43
Abbildung 23 «Inwieweit ist die Bodenbedeckung auf Übersichtskarten nützlich, wenn man die aus den Lehrplänen für den Geografieunterricht der Sekundarstufe I und II abgeleiteten Ziele berücksichtigt?».....	44
Abbildung 24 Bewertung der Karte der Schweiz auf Seiten 24-25 im SWA.....	45
Abbildung 25 Bewertung der Karte von Mitteleuropa auf Seiten 86-87 im SWA.....	46
Abbildung 26 Bewertung der Karte von Afrika auf Seite 112 im SWA	47

Abbildung 28 Bewertung der Karte der Magellanstrasse auf Seite 176 im SWA	48
Abbildung 27 Bewertung des Höhenprofils der Magellanstrassekarte auf Seite 176 im SWA.....	48
Abbildung 29 Bewertung der Weltkarte auf Seiten 184-185 im SWA.....	49
Abbildung 30 Bewertung der Weltkarte der potentiellen Vegetation auf Seiten 194-195 im SWA.....	50
Abbildung 31 Bewertung der allgemeinen Legende am Ende des SWA	50
Abbildung 32 Resultierende Weltkarte der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 (von oben nach unten) (eigene Darstellung)	53
Abbildung 33 Abschnitt der Generallegende der SWA-Ausgabe 2004 (links) und der SWA-Ausgabe 2019 (rechts) (EDK, Schweizer Weltatlas, 2019)	54
Abbildung 35 Vergleich der SWA-Klassen (oben) (Schweizer Weltatlas, 2024) und die Biome auf der Weltkarte (unten) (Terpsichores)	55
Abbildung 36 Vergleich von CCI- (oben) und Copernicus-Karten von Mitteleuropa (unten) vor (links) und nach der Generalisierung (rechts) (eigene Darstellung)	60
Abbildung 37 Resultierende Weltkarte der Datensatz MCD12C1 mit SWA ähnlichen Farben (eigene Darstellung)	63
Abbildung 38 Resultierende Afrika-Karten der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 und der SWA (von links nach rechts, von oben nach unten) (eigene Darstellung)	64
Abbildung 39 Resultierende Afrika-Karten der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 mit SWA ähnlichen Farben (von links nach rechts) (eigene Darstellung).....	65
Abbildung 40 Resultierende Mitteleuropa-Karte der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 und der SWA (von links nach rechts, von oben nach unten) (eigene Darstellung)	65
Abbildung 41 Resultierende Mitteleuropa-Karten der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 mit SWA ähnlichen Farben (von links nach rechts) (eigene Darstellung)..	66
Abbildung 42 Resultierende Insel Fünen-Karte der drei Datensätze CCI, Copernicus und MCD12C1 und der SWA (von links nach rechts, von oben nach unten) (eigene Darstellung)	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Anteil der wichtigsten Formationsklassen der Vegetation der Erde (Marr, 2004)	16
Tabelle 2 Zuordnung von Vegetationsbegriffen in verschiedenen SWA-Karten (Marr, 2004).....	18
Tabelle 3 Zusammenfassende Tabelle der SWA-Kategorien, die nur die Hauptkategorie jeder Oberkategorie beschreibt (eigene Darstellung).....	41
Tabelle 4 Die drei am besten klassifizierten Datensätze (eigene Darstellung).....	51
Tabelle 5 Vergleich der Copernicus-Kategorien mit MCD12C1	62

Referenzen

- Alan S. Belward, J. O. (2015). Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 103(ISSN 0924-2716), 115-128. doi:10.1016
- Baltsavias, E. (2019). Anwendungen / Methoden in der Bodenbedeckung und Klassifikation. "Erdbbeobachtung" Vorlesung an der ETH Zürich gehalten.
- Bildungsdirektoren-Konferenz Zentralschweiz (BKZ). (kein Datum). *Lehrplan21*. Von <https://www.lehrplan21.ch/> abgerufen
- Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L., De Roo, B., Lesiv, M., & Tsendbazar, N. L. (2020). *Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Version 3 Globe 2015-2019: Product User Manual*. Geneve, Switzerland: Zenodo. doi:10.5281/zenodo.3938963
- CIIP. (kein Datum). *Plan d'études romand pour la géographie*. (• i. (CIIP), Herausgeber) Von <https://portail.ciip.ch/per/disciplines/7> abgerufen
- COPERNICUS, E. (kein Datum). *Copernicus map viewer*. Abgerufen am 2024 von <https://land.copernicus.eu/en/map-viewer>
- Copernicus, E. (kein Datum). *Entdecken Sie unsere Satelliten*. Von <https://www.copernicus.eu/de/ueber-copernicus/infrastruktur/entdecken-sie-unsere-satelliten> abgerufen
- DeepL. (2024). *DeepL Translator*. Von <https://www.deepl.com> abgerufen
- Döring, N., & Bortz, J. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (4. Ausg.). Heidelberg: Springer Berlin. doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Earthdata, N. (kein Datum). *MODIS/Terra+Aqua Land Cover Type Yearly L3 Global 0.05Deg CMG V061*. Von Earthdata Search: [https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?p=C2484078896-LPCLOUD!C2484078896-LPCLOUD&pg\[1\]\[v\]=t&pg\[1\]\[m\]=download&pg\[1\]\[cd\]=f&q=C2484078896-LPCLOUD&ot=2020-01-01T00%3A00%3A00.000Z%2C2029-12-31T23%3A59%3A59.999Z&tl=1714470218!5!1577836800!1893455999](https://search.earthdata.nasa.gov/search/granules?p=C2484078896-LPCLOUD!C2484078896-LPCLOUD&pg[1][v]=t&pg[1][m]=download&pg[1][cd]=f&q=C2484078896-LPCLOUD&ot=2020-01-01T00%3A00%3A00.000Z%2C2029-12-31T23%3A59%3A59.999Z&tl=1714470218!5!1577836800!1893455999) abgerufen
- EDK. (1936). *Schweizer Weltatlas*. Lehrmittelverlag Zürich.
- EDK. (1962). *Schweizer Weltatlas*. Lehrmittelverlag Zürich.
- EDK. (1994). *Rahmenplan für die Maturitätsschulen*. Bern: Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektorinnen und -direktoren (EDK).
- EDK. (2019). *Schweizer Weltatlas*. Lehrmittelverlag Zürich.
- EDK. (kein Datum). *Lehrpläne*. (K. d.-d. (EDK), Herausgeber) Von <https://www.edk.ch/de/bildungssystem/beschreibung/lehrplaene> abgerufen

- EROS Center. (11. July 2018). *USGS EROS Archive - Land Cover Products - Global Land Cover Characterization (GLCC)*. Abgerufen am 2024 von <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-land-cover-products-global-land-cover-characterization-glcc>
- ESA. (2017). *Land Cover CCI Product User Guide*. Von Climate Change Initiative: maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download/ESACCI-LC-Ph2-PUGv2_2.0.pdf abgerufen
- ESA. (kein Datum). *MERIS*. Von <https://earth.esa.int/eogateway/instruments/meris> abgerufen
- esri. (kein Datum). *esri*. Von www.esri.com abgerufen
- FAO. (2016). *Land Cover Classification System, Software Version 3*. Rome.
- Geoportal of Geomatics, E. a. (kein Datum). *CCI-Land Cover*. Von ESA/CCI viewer: <https://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php> abgerufen
- GISGeography. (kein Datum). *10 Best Free Land Cover/Land Use Data*. Abgerufen am June 2024 von GISGeography: <https://gisgeography.com/free-global-land-cover-land-use-data/>
- GLAD. (kein Datum). *Global Land Cover and Land Use Change, 2000-2020*. Von <https://glad.umd.edu/dataset/GLCLUC2020> abgerufen
- HeiGIT gGmbH. (kein Datum). *OSM Landuse*. Abgerufen am 2024 von <https://osmlanduse.org/#4/3.92921/50.26823/0/>
- Hurni, L., Schenkel, R., Häberling, C., & Grötsch, A. (2015). *Integrated Map Authoring and Production Processes in Complex Cartographic Cross-media Projects: The SWISS WORLD ATLAS as an Example*. Stefano-Francini-Platz 5, 8093 Zurich, Switzerland: Institute of Cartography and Geoinformation, ETH Zürich.
- Impact Observatory, E. (kein Datum). *Sentinel-2 10m Land Use/Land Cover Time Series*. Von <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?layers=cfcfb7609de5f478eb7666240902d4d3d> abgerufen
- Karra, K. e. (2021). *Global land use/land cover with Sentinel-2 and deep learning*. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
- Latham, J., Cumani, R., Rosati, I., & Bloise, M. (2014). *GLC-SHARE, database Beta-Release Version 1.0*.
- Lillesand, T. K. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation*.
- Marr, R. L. (2004). *Schweizer Weltatlas - Kommentar zur Ausgabe 2002/2004*. Lehrmittelverlag Zürich.
- NASA. (kein Datum). *AVHRR*. Von <https://www.earthdata.nasa.gov/sensors/avhrr> abgerufen
- NASA. (kein Datum). *Landsat*. Abgerufen am 2024 von <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>
- NASA. (kein Datum). *MODIS*. Von <https://modis.gsfc.nasa.gov/> abgerufen
- OpenAI. (2024). *ChatGPT (GPT-4)*. Von <https://openai.com/chatgpt> abgerufen

- Potapov P., H. M.-S.-P. (2022). The global 2000-2020 land cover and land use change dataset derived from the Landsat archive: first results. *Frontiers in Remote Sensing*. doi:<https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903>
- Schweizer Weltatlas. (2024). *Schweizer Weltatlas*. Von schweizerweltatlas: <https://www.schweizerweltatlas.ch/de/> abgerufen
- Spektrum.de. (kein Datum). *Lexikon der Geographie*. Abgerufen am 2024 von Spektrum.de: <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/physiognomie/5999>
- Strahler, A., Muchoney, D., Borak, J., Friedl, M., Gopal, S., Lambin, E., & Moody, A. (1999). *MODIS Land Cover Product Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD)*. Department of Geography, Boston, MA.
- Sulla-Menashe, D., & Friedl, M. (2018). *User Guide to Collection 6 MODIS Land Cover (MCD12Q1 and*
- Terpsichores. (kein Datum). *Biome of the World*. Von Wikipedia: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=22440435> abgerufen
- University of Maryland. (kein Datum). *Global Forest Change 2000-2023*. Von <https://storage.googleapis.com/earthenginepartners-hansen/GFC-2023-v1.11/download.html> abgerufen
- Wikipedia. (2024). *Bioma*. Von Wikipedia: <https://it.wikipedia.org/wiki/Bioma> abgerufen
- Wikipedia. (kein Datum). *Normalized Difference Vegetation Index*. Von https://it.wikipedia.org/wiki/Normalized_Difference_Vegetation_Index abgerufen
- Wikipedia. (kein Datum). *PROBA-V*. Von <https://en.wikipedia.org/wiki/PROBA-V> abgerufen
- Wikipedia. (kein Datum). *Sentinel-3*. Von <https://en.wikipedia.org/wiki/Sentinel-3> abgerufen
- WorldCover, E. (kein Datum). *WorldCover viewer*. Von <https://viewer.esa-worldcover.org/> abgerufen
- Zanaga, D. V. (2022). ESA WorldCover 10 m 2021 v200. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>

Anhang

A 1 Originalitätserklärung



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Declaration of originality

The signed declaration of originality is a component of every written paper or thesis authored during the course of studies. In consultation with the supervisor, one of the following three options must be selected:

- I confirm that I authored the work in question independently and in my own words, i.e. that no one helped me to author it. Suggestions from the supervisor regarding language and content are excepted. I used no generative artificial intelligence technologies¹.
- I confirm that I authored the work in question independently and in my own words, i.e. that no one helped me to author it. Suggestions from the supervisor regarding language and content are excepted. I used and cited generative artificial intelligence technologies².
- I confirm that I authored the work in question independently and in my own words, i.e. that no one helped me to author it. Suggestions from the supervisor regarding language and content are excepted. I used generative artificial intelligence technologies³. In consultation with the supervisor, I did not cite them.

Title of paper or thesis:

Ausarbeitung eines Kategorisierungsverfahrens der Bodenbedeckung auf Karten für zukünftige Ausgaben des Schweizer Weltatlas

Authored by:

If the work was compiled in a group, the names of all authors are required.

Last name(s):

Sabato

First name(s):

Chiara

With my signature I confirm the following:

- I have adhered to the rules set out in the Citation Guide.
- I have documented all methods, data and processes truthfully and fully.
- I have mentioned all persons who were significant facilitators of the work.

I am aware that the work may be screened electronically for originality.

Place, date

Zürich, 30.08.2024

Signature(s)

<i>Chiara Sabato</i>

If the work was compiled in a group, the names of all authors are required. Through their signatures they vouch jointly for the entire content of the written work.

¹ E.g. ChatGPT, DALL E 2, Google Bard
² E.g. ChatGPT, DALL E 2, Google Bard
³ E.g. ChatGPT, DALL E 2, Google Bard

A 2 Umfrage für Geografielehrer/-innen

UMFRAGE / SONDAGE / SONDAGGIO

Einleitung/Introduction/Introduzione

Mein Name ist Chiara und ich bin Studentin in Geomatik an der ETH Zürich. Der folgende Fragebogen wurde im Rahmen meiner Masterarbeit entwickelt. Ziel ist es, die kartografische Darstellung der Bodenbedeckung im Schweizer Weltatlas (SWA) zu analysieren und ein Verfahren zur Rekonstruktion dieser Karten für zukünftige Ausgaben zu entwickeln. Aus diesem Grund bin ich der Meinung, dass es am besten ist, die Meinung derjenigen einzuholen, die den Atlas am häufigsten benutzen, d.h. Geografielehrerinnen und -lehrer. Im Folgenden sind einige Hinweise zur Durchführung der Umfrage aufgelistet:

- **die Umfrage sollte höchstens 10-15 Minuten dauern.**
- **Es ist empfehlenswert, einen Atlas der Ausgabe 2019 zu Hand zu haben.**
- **Es ist nicht zwingend erforderlich, alle Fragen zu beantworten.**
- **Die Ergebnisse werden anonym behandelt und als Ganzes präsentiert.**
- **Bei Fragen oder Problemen, schreiben Sie bitte an sabatoc@student.ethz.ch.**

Jede einzelne Meinung ist für mich von Bedeutung, ich danke Ihnen im Voraus für Ihre wertvolle Teilnahme.

Je m'appelle Chiara et je suis étudiante en géomatique à l'ETH Zurich. Le questionnaire suivant a été élaboré dans le cadre de mon travail de master. L'objectif est d'analyser la représentation cartographique de l'occupation du sol dans l'Atlas mondial suisse (AMS) et d'établir un processus de reconstruction de ces cartes pour les éditions futures. Pour cela, je pense que le meilleur moyen est de recueillir l'avis de ceux qui utilisent le plus l'atlas, c'est-à-dire les professeurs de géographie. Voici quelques conseils pour la réalisation de l'enquête:

- *l'enquête devrait prendre 10 à 15 minutes au maximum.*
- *Il n'est pas obligatoire de répondre à toutes les questions.*
- *Il est recommandé de se procurer l'édition 2019 de l'atlas.*
- *Les résultats seront traités de manière anonyme et présentés de manière collective.*
- *Si vous avez des questions ou des problèmes, veuillez écrire à sabatoc@student.ethz.ch.*

Chaque opinion est importante pour moi, je vous remercie d'avance pour votre précieuse participation.

Mi chiamo Chiara e sono una studentessa di geomatica al ETH di Zurigo. Il seguente questionario è stato sviluppato nell'ambito della mia tesi di master. L'obiettivo è quello di analizzare la rappresentazione cartografica della copertura del suolo nell'Atlante Mondiale Svizzero (AMS) e stabilire un processo per la ricostruzione queste mappe per le future edizioni. Per questo motivo, ritengo che il modo migliore sia di raccogliere i pareri di chi più sfrutta l'atlante, ovvero insegnanti di geografia delle scuole. Di seguito elenco alcune indicazioni per svolgere il sondaggio:

- Il sondaggio dovrebbe durare 10-15 minuti al massimo.
- È consigliato procurarsi un atlante edizione 2019.
- Non è obbligatorio rispondere a tutte le domande.
- I risultati verranno trattati in modo anonimo e presentati collettivamente.
- Per qualsiasi domanda o problema scrivere a sabatoc@student.ethz.ch.

Ogni singolo parere è per me significativo, vi ringrazio anticipatamente per la vostra preziosa partecipazione

Zürich, 02.04.2024

Chiara Sabato

Teilnehmerinformationen / *Information du participant* / Informazioni del partecipante

Unterrichtsstufe / *Niveau d'enseignement* / Livello d'insegnamento

Name des Instituts / *Nom de l'institut* / Nome dell'istituto

Sprachregion / *Région linguistique* / Regione linguistica

Berufserfahrung / *Expérience professionnelle* / Esperienza professionale

Alter / *Âge* / Età

Atlas Nützlichkeit / utilité de l'atlas / utilità dell'atlante**Wie beurteilen Sie den Nutzen des SWA im Geografieunterricht im Allgemeinen? /**

Comment jugez-vous l'utilité de l'AMS dans l'enseignement de la géographie en général? /

Come giudichi l'utilità dell'AMS nell'ambito dell'insegnamento della geografia in generale?

- Sehr nützlich** / *très utile* / molto utile
- Nützlich** / *utile* / utile
- Neutral** / *neutre* / neutrale
- Nicht sehr nützlich** / *pas très utile* / poco utile
- Nutzlos** / *inutile* / inutile

Warum? / Pourquoi? / Perché?

Welche Ausgabe des SWA wird verwendet und wieso? /

Quelle édition de l'AMS est utilisée et pourquoi? /

Quale edizione dell'AMS viene utilizzata e perché?

Inwieweit ist die Bodenbedeckung auf den Übersichtskarten nützlich, wenn man die folgenden, aus den Lehrplänen für den Geografieunterricht der Sekundarstufe I und II abgeleiteten Ziele berücksichtigt? /

Dans quelle mesure la couverture du sol sur les cartes générales est-elle utile compte tenu des objectifs suivants extrapolés à partir des programmes d'enseignement de la géographie aux niveaux secondaire I et II? /

In che misura la copertura del suolo sulle mappe generali è utile considerando i seguenti obiettivi estrapolati dai piani di studio dell'insegnamento della geografia a livello secondario I e II?

- A) **Kenntnisse über Biome** / *Connaissance des biomes* / Conoscenza dei biomi
- B) **Beziehung zwischen Realität und grafischer Darstellung** / *Relation entre la réalité et la représentation graphique* / Relazione tra realtà e rappresentazione grafica
- C) **Verstehen der Beziehung zwischen Menschen und Natur** / *Compréhension de la relation homme-nature* / Comprensione del rapporto uomo-natura
- D) **Vergleich zwischen verschiedenen Regionen der Welt** / *Comparaison entre différentes régions du monde* / Confronto tra diverse regioni del mondo

- Sehr nützlich** / *très utile* / molto utile
- Nützlich** / *utile* / utile
- Neutral** / *neutre* / neutrale
- Nicht sehr nützlich** / *pas très utile* / poco utile
- Nutzlos** / *inutile* / inutile

Gibt es Karten, die Sie speziell zur Erreichung der oben genannten Ziele verwenden oder die Sie gerne im SWA haben würden? /

Existe-t-il des cartes que vous utilisez spécifiquement pour atteindre les objectifs susmentionnés ou que vous souhaiteriez voir figurer dans l'AMS? /

Ci sono delle cartine che utilizzi nello specifico per raggiungere gli obiettivi sopracitati oppure che vorresti fossero presenti nell'AMS?

Kartenanalyse / analyse des cartes / analisi delle cartine

Karte der Schweiz. / Carte de la Suisse. / Cartina della Svizzera.



Die Karte auf S. 24 zeigt die Schweiz im Vergleich zu den meisten SWA-Übersichtskarten in einem relativ grossen Masstab (1: 800 000). /

La carte à la p. 24 montre la Suisse à une échelle relativement grande par rapport à la plupart des cartes générales de l'AMS (1: 800 000). /

La cartina a p. 24 è rappresentata la Svizzera in scala relativamente grande rispetto alla maggior parte cartine generali presenti nell'AMS (1: 800 000).

- A) **Der Detaillierungsgrad der Karte ist angemessen. / Le degré de détail de la carte est approprié. / Il grado di dettaglio della mappa è appropriato.**
- B) **Die verschiedenen Bodenbedeckungsklassen lassen sich deutlich unterscheiden. / Les différentes classes de couverture du sol peuvent être clairement distinguées. / Le diverse classi di copertura del suolo si distinguono chiaramente.**
- C) **Beschriftungen, Linien- und Punktsignaturen lassen sich gut von den Farben der Bodenbedeckung unterscheiden. / Les inscriptions, les lignes et les points se distinguent bien des couleurs de la couverture du sol. / Le scritte, le linee e i punti si distinguono facilmente dai colori della copertura del suolo.**
- D) **Die Bodenbedeckungskategorien sind in Art und Anzahl sinnvoll. / Les catégories d'occupation du sol sont pertinentes en termes de typologie et de nombre. / Le categorie di copertura del suolo sono pertinenti in tipologia e numero.**

- **Stimme zu** / *d'accord* / d'accordo
- **Stimme eher zu** / *partiellement d'accord* / parzialmente d'accordo
- **Neutral** / *neutre* / neutrale
- **Stimme eher nicht zu** / *partiellement en désaccord* / parzialmente in disaccordo
- **Stimme nicht zu** / *en désaccord* / in disaccordo

Warum? / *Pourquoi?* / Perché?

Zentraleuropa (DE). / Europe centrale (DE). / Europa centrale (DE).



Auf S. 86 sieht man Deutschland und die Schweiz in einem kleineren Masstab als zuvor (1: 4 000 000). /

À la p. 86 on voit l'Allemagne et la Suisse à une échelle plus petite que précédemment (1: 4 000 000). /

Alla p. 86 si vede la Germania e la Svizzera su una scala più piccola rispetto a prima (1: 4 000 000).

- A) **Der Detaillierungsgrad der Karte ist angemessen.** / *Le degré de détail de la carte est approprié.* / Il grado di dettaglio della mappa è appropriato.
- B) **Die verschiedenen Bodenbedeckungsklassen lassen sich deutlich unterscheiden.** / *Les différentes classes de couverture du sol peuvent être clairement distinguées.* / Le diverse classi di copertura del suolo si distinguono chiaramente.
- C) **Beschriftungen, Linien- und Punktsignaturen lassen sich gut von den Farben der Bodenbedeckung unterscheiden.** / *Les inscriptions, les lignes et les points se distinguent bien des couleurs de la couverture du sol.* / Le scritte, le linee e i punti si distinguono facilmente dai colori della copertura del suolo.
- D) **Die Bodenbedeckungskategorien sind in Art und Anzahl sinnvoll.** / *Les catégories d'occupation du sol sont pertinentes en termes de typologie et de nombre.* / Le categorie di copertura del suolo sono pertinenti in tipologia e numero.
- Stimme zu** / *d'accord* / d'accordo
 - Stimme eher zu** / *partiellement d'accord* / parzialmente d'accordo
 - Neutral** / *neutre* / neutrale
 - Stimme eher nicht zu** / *partiellement en désaccord* / parzialmente in disaccordo
 - Stimme nicht zu** / *en désaccord* / in disaccordo

Warum? / *Pourquoi?* / Perché?

Afrika. / Afrique. / Africa.



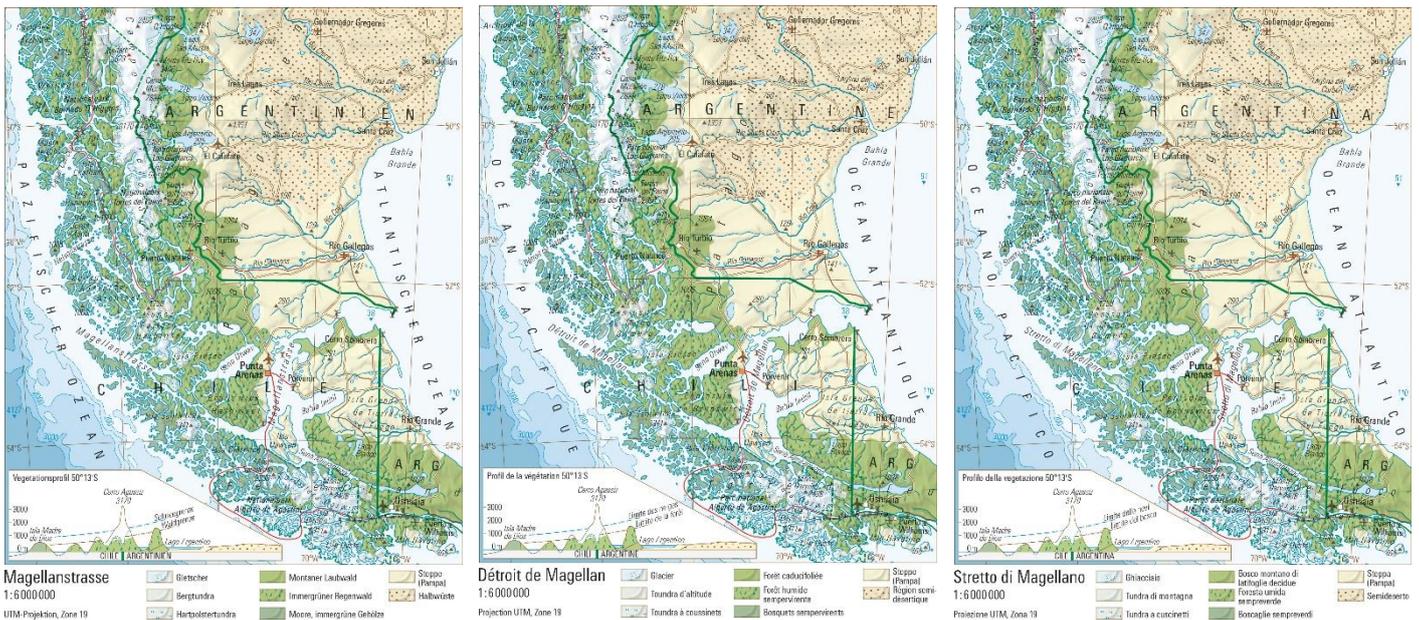
Afrika auf S. 112 ist in einem kleinen Masstab (1: 35 000 000) dargestellt und erstreckt sich über verschiedene Breitengrade, die unterschiedliche Biome aufweisen. / L'Afrique à la p. 112 est représentée à petite échelle (1: 35 000 000) et s'étend à différentes latitudes, présentant divers biomes. /

L’Africa a p. 112 è rappresentata su scala piccola (1: 35 000 000) e si estende a diverse latitudini presentando svariati biomi.

- A) **Der Detaillierungsgrad der Karte ist angemessen.** / *Le degré de détail de la carte est approprié.* / Il grado di dettaglio della mappa è appropriato.
- B) **Die verschiedenen Bodenbedeckungsklassen lassen sich deutlich unterscheiden.** / *Les différentes classes de couverture du sol peuvent être clairement distinguées.* / Le diverse classi di copertura del suolo si distinguono chiaramente.
- C) **Beschriftungen, Linien- und Punktsignaturen lassen sich gut von den Farben der Bodenbedeckung unterscheiden.** / *Les inscriptions, les lignes et les points se distinguent bien des couleurs de la couverture du sol.* / Le scritte, le linee e i punti si distinguono facilmente dai colori della copertura del suolo.
- D) **Die Bodenbedeckungskategorien sind in Art und Anzahl sinnvoll.** / *Les catégories d’occupation du sol sont pertinentes en termes de typologie et de nombre.* / Le categorie di copertura del suolo sono pertinenti in tipologia e numero.
- Stimme zu** / *d’accord* / d’accordo
 - Stimme eher zu** / *partiellement d’accord* / parzialmente d’accordo
 - Neutral** / *neutre* / neutrale
 - Stimme eher nicht zu** / *partiellement en désaccord* / parzialmente in disaccordo
 - Stimme nicht zu** / *en désaccord* / in disaccordo

Warum? / *Pourquoi?* / Perché?

Magellanstrasse und Vegetationsprofil. / Déroit de Magellan et profil de la végétation. /
Stretto di Magellano e profilo della vegetazione.



Die Karte der Magellanstrasse auf S. 176 wird von einem Ausschnitt des Vegetationsprofils in verschiedenen Höhenlagen begleitet. /

La carte du déroit de Magellan à la p. 176 est accompagnée d'une section du profil de la végétation à différentes altitudes. /

Questa mappa dello stretto di Magellano a p. 176 è accompagnata da una sezione del profilo della vegetazione a diverse altitudini.

- A) **Der Detaillierungsgrad der Karte ist angemessen. / Le degré de détail de la carte est approprié. /** Il grado di dettaglio della mappa è appropriato.
 - B) **Die verschiedenen Bodenbedeckungsklassen lassen sich deutlich unterscheiden. / Les différentes classes de couverture du sol peuvent être clairement distinguées. /** Le diverse classi di copertura del suolo si distinguono chiaramente.
 - C) **Beschriftungen, Linien- und Punktsignaturen lassen sich gut von den Farben der Bodenbedeckung unterscheiden. / Les inscriptions, les lignes et les points se distinguent bien des couleurs de la couverture du sol. /** Le scritte, le linee e i punti si distinguono facilmente dai colori della copertura del suolo.
 - D) **Die Bodenbedeckungskategorien sind in Art und Anzahl sinnvoll. / Les catégories d'occupation du sol sont pertinentes en termes de typologie et de nombre. /** Le categorie di copertura del suolo sono pertinenti in tipologia e numero.
- Stimme zu / d'accord / d'accordo**
 - Stimme eher zu / partiellement d'accord /** parzialmente d'accordo
 - Neutral / neutre / neutrale**
 - Stimme eher nicht zu / partiellement en désaccord /** parzialmente in disaccordo
 - Stimme nicht zu / en désaccord /** in disaccordo

Wie würden Sie das Vegetationsprofil bewerten? /

Comment évaluez-vous le profil de végétation? /

Come giudica questo profilo di vegetazione?

- Sehr nützlich** / *très utile* / molto utile
- Nützlich** / *utile* / utile
- Neutral** / *neutre* / neutrale
- Nicht sehr nützlich** / *pas très utile* / poco utile
- Nutzlos** / *inutile* / inutile

Warum? / *Pourquoi?* / Perché?

A p. 184 si può vedere una panoramica della Terra in scala ridotta (1: 60 000 000) e alla p. 194 la vegetazione potenziale.

- A) **Der Detaillierungsgrad der Karte ist angemessen.** / *Le degré de détail de la carte est approprié.* / Il grado di dettaglio della mappa è appropriato.
- B) **Die verschiedenen Bodenbedeckungsklassen lassen sich deutlich unterscheiden.** / *Les différentes classes de couverture du sol peuvent être clairement distinguées.* / Le diverse classi di copertura del suolo si distinguono chiaramente.
- C) **Beschriftungen, Linien- und Punktsignaturen lassen sich gut von den Farben der Bodenbedeckung unterscheiden.** / *Les inscriptions, les lignes et les points se distinguent bien des couleurs de la couverture du sol.* / Le scritte, le linee e i punti si distinguono facilmente dai colori della copertura del suolo.
- D) **Die Bodenbedeckungskategorien sind in Art und Anzahl sinnvoll.** / *Les catégories d'occupation du sol sont pertinentes en termes de typologie et de nombre.* / Le categorie di copertura del suolo sono pertinenti in tipologia e numero.

- Stimme zu** / *d'accord* / d'accordo
- Stimme eher zu** / *partiellement d'accord* / parzialmente d'accordo
- Neutral** / *neutre* / neutrale
- Stimme eher nicht zu** / *partiellement en désaccord* / parzialmente in disaccordo
- Stimme nicht zu** / *en désaccord* / in disaccordo

Warum? / *Pourquoi?* / Perché?

Wie bewerten Sie das Vorhandensein der Karte potentielle Vegetation im SWA? /

Comment évaluez-vous la présence de la carte de la végétation potentielle dans l'AMS? /

Come giudica la presenza della mappa di vegetazione potenziale nell'AMS?

- Sehr nützlich** / *très utile* / molto utile
- Nützlich** / *utile* / utile
- Neutral** / *neutre* / neutrale
- Nicht sehr nützlich** / *pas très utile* / poco utile
- Nutzlos** / *inutile* / inutile

Warum? / *Pourquoi?* / Perché?

Legendeanalyse / analyse de la légende / analisi della legenda

Vegetation und Bodennutzung / Végétation et utilisation du sol / Vegetazione e utilizzazione del suolo

Vegetation und Bodennutzung	Végétation et utilisation du sol	Vegetazione e utilizzazione del suolo
Inlandsis, Gletscher	Inlandsis, glacier	Calotte glaciali, ghiacciaio
Subpolares und alpinnes Ödland	Terres incultes subpolaires et alpines	Terreni incolti subpolari e alpini
Fels, Schutt, Hochgebirgsvegetation	Rochers, éboulis, végétation de haute montagne	Rocce e detriti, vegetazione d'alta montagna
Tundra	Toundra	Tundra
Waldtundra	Toundra forestière	Tundra boscosa
Bergtundra	Toundra montagnouse	Tundra montagnosa
Fjellvegetation	Végétation de fjell	Vegetazione dei fjell
Heide	Lando	Landa
Alpweiden, alpine Matten	Pâturages et gazons alpins	Pascoli e prati alpini
Weiden	Pâturages	Pascoli
Wiesen und Weiden, Grasland	Prés et pâturages, prairies	Prati e pascoli, praterie
Kulturland	Terres cultivées	Terreni coltivati
Intensiv genutzte Weiden	Pâturages (exploitation intensive)	Pascoli (sfruttamento intensivo)
Ackerland	Agriculture	Terreno arabile
Bewässertes Kulturland	Terres cultivées irriguées	Terreni coltivati irrigati
Nadelwald	Forêt de conifères	Foresta di conifere
Immergrüner Nadelwald	Forêt de conifères sempervirents	Foresta di conifere sempreverdi
Gebirgs- und Trockennadelwald	Forêt sèche de conifères de haute montagne	Foresta di montagna e foresta arida di conifere
Sommergrüner Nadelwald	Forêt de conifères décidus	Foresta di larici
Sommergrüner Laubwald	Forêt caducifoliée	Foresta di latifoglie
Mischwald oder immergrüner Regenwald der gemäßigten Zone	Forêt mixte ou forêt sempervirente humide tempérée	Foresta mista o foresta umida temperata
Temperierter Mischwald	Forêt mixte tempérée	Foresta mista temperata
Temperierter Laubwald	Forêt tempérée de feuillus	Foresta di latifoglie temperata
Korkeichenwald	Forêt de chêne-liège	Sughereto
Temperierter Buschwald	Formations buissonnantes tempérées	Bosaglia temperata
Laubgehölze	Feuillus	Latifoglie
Hartlaubvegetation	Végétation sclérophylle	Vegetazione a foglie coriacee
Hartlaubstrauchvegetation	Buissons sclérophylles	Arbusti a foglie coriacee
Hartlaubwald, Korkeichenwald	Forêt sclérophylle, forêt de chêne-liège	Foresta a foglia coriacea, sughereto
Steppe, Graslandsteppe	Steppe, steppe herbeuse	Steppa, steppa erbosa
Strauch- und Baumsteppe	Steppe arborée et buissonnante	Stoppa arbustiva o arborata
Wüste, Dünen	Désert, dunes	Deserto, dune
Sandwüste	Désert de sable	Deserto sabbioso
Halbwüste	Régions semi-désertiques	Regioni semidesertiche
Salzwüste	Désert salé	Deserto salato
Savanne	Savane	Savana
Trockensavanne	Savane sèche	Savana arida
Regengrüne Dornsavanne	Savane épineuse à pluies saisonnières	Savana spinosa decidua a causa della siccità
Dornsavanne	Savane épineuse	Savana spinosa
Dornstrauchsavanne	Savane épineuse buissonnante	Savana arbustiva spinosa
Baum- und Strauchsavanne	Savane arborée et buissonnante	Savana arborata e arbustiva
Offenes Nadelbaumgehölz	Forêt ouverte de conifères	Conifere arbustive rade
Tropischer Trockenwald	Forêt sèche tropicale	Foresta arida tropicale
Sekundärwald	Forêt secondaire	Foresta secondaria
Feuchtsavanne	Savane humide	Savana umida
Subtropische und tropische immergrüne Mischwälder	Forêt mixte sempervirente subtropicale et tropicale	Foresta mista sempreverde subtropicale e tropicale
Lorbeerwald, subtropischer Buschwald	Forêt laurifolies, forêt subtropicale de buissons	Foreste di lauracee, bosaglia subtropicale
Subtropischer und tropischer regengrüner Laubwald	Forêt subtropicale et tropicale de feuillus décidus en saison sèche	Foresta subtropicale e tropicale di latifoglie decidue a causa della siccità
Regenwald	Forêt humide	Foresta umida
Subtropischer Regenwald, tropischer Bergregenwald	Forêt humide subtropicale, forêt humide de montagne	Foresta umida subtropicale, foresta umida di montagna
Immergrüner tropischer Tieflandregenwald	Forêt tropicale humide de basse altitude	Foresta pluviale tropicale di pianura
Mangroven und tropische Küstenvegetation	Mangroves et végétation tropicale littorale	Mangrovie e vegetazione tropicale litoranea
Salzumpf	Marais salé	Palude salata

Dies ist die Legende am Ende des Atlas, die einen Überblick über die auf den Karten dargestellten Kategorien gibt (ohne die für bestimmte Regionen spezifischen Kategorien). /

Celle-ci est la légende à la fin de l'atlas, qui donne une vue d'ensemble des catégories représentées sur les cartes (en laissant de côté celles qui sont spécifiques à certaines régions). /

Questa è la legenda che si trova in fondo all'atlante e che offre una panoramica delle categorie rappresentate sulle cartine (tralasciando quelle specifiche di certe regioni).

- A) **Der Detaillierungsgrad der Kategorien in der Generallegende stimmt mit den im SWA enthaltenen Karten überein.** / *Le degré de détail des catégories de la légende est conforme aux cartes contenues dans l'AMS.* / Il grado di dettaglio delle categorie della legenda è conforme alle cartine contenute nell'AMS.
- B) **Die Kategorien sind verständlich und angemessen gekennzeichnet.** / *Les catégories sont compréhensibles et étiquetées de manière appropriée.* / Le categorie sono comprensibili e descritte con un'etichetta adeguata.
- C) **Die Farben und die Symbolik, mit denen die Kategorien dargestellt werden, sind angemessen.** / *Les couleurs et le symbolisme avec lesquels les catégories sont représentées sont appropriés.* / I colori e la simbologia con cui sono rappresentate le categorie sono appropriati.
- D) **Die Anzahl der Kategorien ist an den Inhalt des SWA angepasst.** / *Le nombre de catégories est adapté au contenu de l'AMS.* / Il numero di categorie è adatto al contenuto dell'AMS.
- Stimme zu** / *d'accord* / d'accordo
 - Stimme eher zu** / *partiellement d'accord* / parzialmente d'accordo
 - Neutral** / *neutre* / neutrale
 - Stimme eher nicht zu** / *partiellement en désaccord* / parzialmente in disaccordo
 - Stimme nicht zu** / *en désaccord* / in disaccordo

Warum? / *Pourquoi?* / Perché?

Abschluss / conclusion / conclusione

Vielen Dank für Ihre Teilnahme! Wenn Sie weitere Kommentare oder Verbesserungsvorschläge haben, schreiben Sie diese bitte in den unten stehenden Kasten. / *Merci beaucoup pour votre participation ! Si vous avez des commentaires ou des suggestions d'amélioration à formuler, veuillez les écrire dans la case ci-dessous.* / Molte grazie per la partecipazione! Se ci sono ulteriori osservazioni o proposte di miglioramento vi invito a scriverlo nella casella sottostante.

Weitere Kommentare / *D'autres commentaires* / Ulteriori commenti

Wenn Sie daran interessiert sind, das Ergebnis der Umfrage zu erhalten, geben Sie bitte hier Ihre E-Mail-Adresse ein: / *Si vous souhaitez recevoir les résultats de l'enquête, veuillez saisir votre adresse électronique ici:* / Per chi fosse interessato a ricevere l'esito del sondaggio, può inserire l'indirizzo email qui:

A 3 Kriterien zur Auswahl von Datenquellen

KRITERIUM	Abdeckung	Aktualität	Datengröße	Kategorien	Auflösung	Zuverlässigkeit	Machbarkeit	Software	Sensoren	Beschränkungen
Beschreibung des Kriteriums für die Vergabe von Sternen (In der Reihenfolge der Wichtigkeit, maximal ein * für jedes Kriterium, insgesamt maximal 10)	Weltweite Abdeckung oder Abdeckung von bestimmten Regionen oder Kontinenten	Jahre, für die Daten verfügbar sind	Größe der herunterzuladenden Daten, WMS,...	Wie viele Bodenklassifizierungskategorien es gibt, ob es noch spezifischere Kategorien gibt und wie viel	Auflösung der Rasterdaten	Daten aus offiziellen Quellen, offene Daten, getestete und verifizierte Algorithmen,...	langfristig besternde Plattform, der Prozess der Datenbeschaffung und -verarbeitung ist für SWA erschwinglich, mögliche Risiken oder Schwierigkeiten,...	Spezifische Software, weit verbreitete Formate, Daten lesbar mit Programmiersprachen (Python, GEE,...)	Satellitenmission und Sensoren, die zur Erkennung der Vegetation verwendet werden, Dauer der Datenaufzeichnung	Urheberrecht, kostenlos oder bezahlt
Stern ja	globale Abdeckung	>= 2014	< 10 GB	> 11 FAO Kategorien	<= 10km	Quellen von oder basierend auf öffentlichen Organisationen (ESA, NASA,...)	Plattform wird im Laufe der Zeit gepflegt, Arbeitsabläufe können bereits eingesehen werden	QGIS, ArcGIS, GEE, Python, und andere ausreichend verbreitete und dokumentierte Programme oder Sprachen	Satelliten- oder IR-Bilder, AVRRH, MODIS, Langzeit-Mittelwertbildung von Daten	unentgeltlich, herunterladbar und nutzbar
Stern nein	nur einige Regionen abgedeckt oder hat bestimmte Regionen kann ein Vorteil für Fokuskarten sein.	< 2014	> 10 GB	<= 11 FAO Kategorien	> 10km	nicht kontrollierte Daten	große Datenmengen, Plattform veraltet und sehr breite Kategorie, nicht genau definiert,...	spezifische und/oder kostenpflichtige oder Daten leicht verarbeitet werden können oder ob Kosten anfallen	Daten zu einem bestimmten Zeitpunkt Klären Sie, warum diese Sensoren für die Bodenkartierung geeignet sind. Sicherlich werden Satellitenbilder als Grundlage benötigt. Einzel- oder Mehrfacherkennung	bezahlt., nur anzeigbar und nicht nutzbar Nicht unbedingt ein Hindernis, wenn sie kostenpflichtig sind, aber immer wichtig, um sie zu nennen
ANMERKUNGEN (Hinterfragung von Kriterien)		Die Aktualität der Daten, die 10 Jahre nicht überschreiten darf, ist willkürlich gewählt. Insbesondere aufgrund des Klimawandels verändert sich die Landschaft recht schnell, daher wird davon ausgegangen, dass je aktueller die Daten sind, desto besser.	Willkürlich, indem eine Referenzkapazität auf der Grundlage von PCs oder der Datenmenge, die in Programmen verarbeitet werden kann, festgelegt wird	Die 11 von der FAO definierten Kategorien wurden als Referenz verwendet, da es sich um eine anerkannte und weltweit genutzte Quelle handelt, aber wir möchten die Datensätze mit detaillierteren Informationen über die Art der Bodenbedeckung filtern.	300 m entsprechen etwa 1 km ² . In diesem Fall werden bessere Auflösungen wie 10 m als positiv angesehen, was aufgrund der Fülle der Daten nicht unbedingt der Fall ist.	Offene Daten werden als verlässliche Quelle angesehen, aber das ist nicht unbedingt der Fall				

A 4 Tabelle der Bodenbedeckungskategorien in der SWA

Symbol	Name DE	Oberkategorie	Beschreibung (aus SWA-Kommentar)	Abbildung
 Nadelwald	Nadelwald	Nadelwälder	Wälder, die aus Holzgewächsen der Ordnung Koniferen (<i>Coniferales</i>) bestehen, etwa 600 Arten wovon etwa 250 zur Familie der <i>Pinaceae</i> gehören.	 <p>Von Eric Guinther (Diskussion Beiträge) - Übertragen aus en.wikipedia nach Commons., CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3409880</p>
 Immergrüner Nadelwald	Immergrüner Nadelwald	Nadelwälder	Dominiert von Nadelbäumen, deren Nadeln mehrjährig sind, mit aperiodischem Fall und Neubildung.	
 Sommergrüner Nadelwald	Sommergrüner Nadelwald	Nadelwälder	Gekennzeichnet durch 12 Lärchenarten (<i>Larix</i>), die zum Winter hin ihre Nadeln verlieren. Die Europäische Lärche (<i>Larix decidua</i>) aus den Alpen, die Sibirische Lärche (<i>Larix siberica</i>) aus der Taiga Ostsibiriens und die <i>Larix dahurica</i> (<i>Larix gmelinii</i>) wachsen auch in den Permafrostwäldern des eurasischen Kältepol.	 <p>Von Jérôme Bon from Paris, France - embrun_037, CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8453869</p>  <p>Von Montréalais – Angeblich eigene Werke, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=417632</p>  <p>Von Anatoly V. Lozhkin (Northeast Interdisciplinary Research Institute, Russian Academy of Sciences, Far East Branch) - NOAA Beringian Paleoenvironmental Atlas, Vegetation Photos: rus09.jpg, Öffentliche Domäne, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=470884</p>
 Gebirgs- und Trockennadelwald	Gebirgs- und Trockennadelwald	Partiell azonale Formationen	Gebirgsnadelwälder in verschiedenen Klimazonen, begrenztes	

			Klimaelement ist die Temperatur.	
 Sommergrüner Laubwald	Sommergrüner Laubwald	Laub- und Mischwälder	Typisches Biom der Nordhalbkugel und gemässiger Klimatypen. Die Idee der 4 Jahreszeiten stammt aus diesen Gebieten. Eines der Biome, die am stärksten durch menschliche Eingriffe beeinflusst und verändert wurden.	 Von Umberto Salvagnin - originally posted to Flickr as Autumn2, CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11010395
 Mischwald oder immergrüner Regenwald der gemässigten Zone	Mischwald und immergrüner Regenwald der gemässigten Zone	Laub- und Mischwälder	In Regenwäldern mit Niederschlägen von über 200 cm, die hauptsächlich auf der Südhalbkugel vorkommen, besonders in stark ozeanisch geprägten Regionen des Westwindgürtels wie Neuseeland, Tasmanien und Südchile. An der südlichen Küste Irlands sind mediterrane Bäume anzutreffen, was dort als Mischwälder bezeichnet wird.	
 Temperierter Mischwald	Temperierter Mischwald	Laub- und Mischwälder	In Südchile mischen sich temperierten Laubwälder mit Nadelhölzern ein.	
 Temperierter Laubwald	Temperierter Laubwald	Laub- und Mischwälder	Gemässigte Klimate sind weder extrem kalt noch heiss und finden sich hauptsächlich in ozeanisch geprägten Laubwäldern. Sie sind typisch für Europa und gemässigte Regionen Asiens, die vom Monsun beeinflusst werden.	
 Korkeichenwald	Korkeichenwald	Laub- und Mischwälder	Immergrüner Baum der westlichen Mittelmeergebietes, wie in Portugal.	 Von © Hannes Grobe / Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=499718
 Temperierter Buschwald	Temperierter Buschwald	Laub- und Mischwälder	Vermutlich weitgehend anthropogen gestaltete	

			Formation ehemaliger Wälder.	
 Laubgehölze	Laubgehölze	Laub- und Mischwälder	Formationen aus Bäumen und Sträuchern von Pflanzenarten mit breiten Blättern, z.B. schuppenförmig.	
 Hartlaubvegetation	Hartlaubvegetation	Hartlaubvegetation	Überbegriff für verschiedene Biome mit Pflanzen, die die Transpiration hemmen. Meistens kleinen, lederartigen und saftarmen Blätter (<i>xeromorphe Blätter</i>) mit Wachsüberzug. Beispiele sind Oliven-, Lorbeer- und Eukalyptusbäume. Mittelmeerklima wie Südtalien, mit heißen Sommern.	
 Hartlaubstrauchvegetation	Hartlaubstrauchvegetation	Hartlaubvegetation	Die <i>Macchie</i> , meist durch anthropogene Eingriffe entstandene Buschvegetation. Ähnlich wie Hartlaubwald, die Jungbäume bleiben wegen Viehverbiss und Bränden 1-2,5 m klein.	 <p>Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=181723</p>
 Hartlaubwald, Korkeichenwald	Hartlaubwald, Korkeichenwald	Hartlaubvegetation	In trockeneren Regionen Steineichenwälder (<i>Quercus ilex</i>), die im Mittelmeergebiet die potenziell natürliche Vegetation sind, vermischt mit dem Buxbaum (<i>Buxus sempervirens</i>), der Stechpalme (<i>Ilex aquifolium</i>), ... In feuchteren Gebieten kommt die Korkeiche (<i>Quercus suber</i>).	 <p>Von Archenzo - eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=302447</p>  <p>Von Neoneo – eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=117580406</p>

				
 Steppe, Graslandsteppe	Steppe, Graslandsteppe	Steppen	Grasland im Übergang zwischen subtropischen Halbwüsten und humideren Gebieten oder zwischen Wäldern und Halbwüsten im gemäßigten Klima.	Von David Monniaux - eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=110321
 Strauch- und Baumsteppe	Strauch- und Baumsteppe	Steppen	Befindet sich im Grenzbereich zwischen Steppen und Wäldern oder Halbwüste, hat Gras als Unterwuchs, einige Bäume und viele Sträucher.	
 Halbwüste	Halbwüste	Savannen / Wüste, Dünen	Halbwüsten zeichnen sich durch 10-11 aride Monate mit Niederschlägen von 5-25 cm während des Sommers aus. Sie sind geprägt von Zwergsträuchern oder Gräsern und sind wichtig für die nomadische Weidewirtschaft.	
 Wüste, Dünen	Wüste, Dünen	Wüste, Dünen		
 Sandwüste	Sandwüste	Wüste, Dünen		
 Salzwüste	Salzwüste	Wüste, Dünen		
 Savanne	Savanne	Savanne	Savannen sind Graslandschaften mit unterschiedlich vielen Bäumen oder Sträuchern, die sich zwischen subtropischen Wüsten und tropischen Regenwäldern erstrecken.	
 Trockensavanne	Trockensavanne	Savanne	Halbjährige Trockenzeit, 75-120cm Niederschläge, liegt zwischen Feuchtsavanne und Dornstrauchsavanne. Teilweise anthropogen verursacht.	
 Regengrüne Dornsavanne	Regengrüne Dornsavanne	Savanne	Einige, meist dornige Bäume, mit	

			schirmförmigen Kronen, niedriges Savannengras.	
 Dornsavanne	Dornsavanne	Savanne	Die Dornsavanne kennzeichnet sich durch 9-10 trockene Monate mit 25-75 cm Niederschlag. Es handelt sich um xeromorphe Gräser mit niedrigen Dorngehölzen.	
 Dornstrauchsavanne	Dornstrauchsavanne	Savanne	Die Dornstrauchsavanne ist geprägt von 8-9 ariden Monaten mit 50-75 cm Niederschlag. In diesem Umfeld dominieren Dornsträucher oder auch Stamm- oder Blatt-sukkulente.	
 Baum- und Strauchsavanne	Baum- und Strauchsavanne	Savanne	Übergangsformation zwischen Feuchtsavanne und Trockenwäldern (vgl. Campo cerrado Südamerikas).	
 Offenes Nadelbaumgehölz	Offenes Nadelbaumgehölz	Savanne	In den gemässigten Gebirgsregionen, hauptsächlich in Nordamerika, sind typische Baumarten die Gelbkiefer (<i>Pinus ponderosa</i>), die Gewöhnliche Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i>) und der Riesenlebensbaum (<i>Thuja plicata</i>).	 <p>Von Walter Siegmund (talk) -</p>  <p>Opera propria, CC BY 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=446980</p> <p>Von abdallah from Montréal, Canada - Vancouver, CC BY 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8773644</p>  <p>Von TSD, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8773644</p>

				rg/w/index.php?curid=1655663
 Tropischer Trockenwald	Tropischer Trockenwald	Savannen	Ähnlich wie Trockensavanne, vor allem im südhemisphärischen Afrika und auch im Dekan. Teilweise anthropogen verursacht.	
 Sekundärwald	Sekundärwald	Anthropogene Vegetationsformationen / Savanne	Sekundärwald ist der Folgebestand nach Zerstörung, typischerweise weniger artenreich, mit dichterem Unterholz und einem weniger geschichteten Kronendach.	
 Feuchtsavanne	Feuchtsavanne	Savannen	Begriff geprägt durch den Geografen Fritz Jaeger, Fluren mit hohen Gräsern und niedrigen, laubwerfenden Bäumen, die einzeln oder in kleinen Gehölzen stehen. 3-5 Monate sind arid.	
 Subtropische und tropische immergrüne Mischwälder	Subtropische und tropische immergrüne Mischwälder	Tropische und andere subtropische Wälder	Varianten der subtropischen und tropischen Laubwälder durch Vorkommen von Nadelbäumen.	
 Lorbeerwald, subtropischer Buschwald	Lorbeerwald, subtropischer Buschwald	Tropische und andere subtropische Wälder	Übergangsformation zwischen Hartlaub- und Regenwäldern und treten in verschiedenen Subtypen auf. Sie kommen dort vor, wo die Sommerniederschläge hoch und die Winter mild sind oder in Höhenlagen tropischer Sommerregengebiete.	
 Subtropischer und tropischer regengrüner Laubwald	Subtropischer und tropischer regengrüner Laubwald	Tropische und andere subtropische Wälder	Meist <i>Monsunwälder</i> in niederschlagsreichen Gebieten, jedoch mit deutlicher Trockenzeit von 3-5 Monaten Länge im Winter. Bereich der Subtropen. Typisch halmimmergrün.	
 Regenwald	Regenwald	Tropische und andere subtropische Wälder	Wald mit mindestens 150cm Niederschlag, höchstens 2 trockenere Monate und Monatsmittel zwischen 24°C und 30°C.	
 Subtropischer Regenwald, tropischer Bergregenwald	Subtropischer Regenwald, tropischer Bergregenwald	Tropische und andere subtropische Wälder	An den Tropen und Randtropen, typischerweise in Südamerika. Artenreiche Wälder, doch	

			gibt es grosse Unterschiede zwischen Schatten und Sonnenhängen. Bergwälder sind artenärmer, ihr Kronendach hat weniger Schichten. Kennzeichnend sind Bambus, Farnbäume, Flechten und Epiphyten, deren Wachstum durch den vielen Nebel begünstigt wird.	
 Immergrüner tropischer Tieflandregenwald	Immergrüner tropischer Tieflandgrenzwald	Tropische und andere subtropische Wälder	Die Gesamtvegetation ist ganzjährig mit Blattwerk bedeckt (immergrün) und besteht aus zahlreichen Baumarten mit einem geschlossenen Kronendach auf etwa 30-40 Metern Höhe und Luftwurzeln. Typisch für Südamerika.	
 Mangroven und tropische Küstenvegetation	Mangroven (und tropische Küstenvegetation)	Partiell azonale Formationen	Küstenformationen und Flussmündungen, die durch vorgelagerte Inseln, Korallenriffe oder Wattflächen gekennzeichnet sind, die die Auswirkungen der Wellen abschwächen. Bei Hochwasser ragen nur die Baumkronen aus dem Wasser, während bei Niedrigwasser der Boden nahezu trocken ist. Ein charakteristisches Merkmal sind die Stelzwurzeln der <i>Rhizophora</i> -Arten.	 Von Ulf Mehlig – eigenes Werk, http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Rhizophora_trees.jpg , CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=863788
 Salzsumpf	Salzsumpf	Partiell azonale Formationen		
 Inlandeis, Gletscher	Inlandeis, Gletscher			
 Subpolares und alpines Ödland	Subpolares und alpines Ödland			
 Fels, Schutt, Hochgebirgsvegetation	Fels, Schutt, Hochgebirgsvegetation			
 Tundra	Tundra			
 Waldtundra	Waldtundra			
 Bergtundra	Bergtundra			
 Fjellvegetation	Fjellvegetation			
 Heide	Heide	Anthropogene Vegetationsformationen / Subpolares und alpines Ödland	<i>Heide</i> ist auf anthropozoogene Eingriffe zurückzuführen. Ursprünglich	

			war ein Gemein- eigentum einer Dorf- gemeinschaft.	
 Alpweiden, alpine Matten	Alpweiden, alpine Matten			
 Weiden	Weiden			
 Wiesen und Weiden, Grasland	Wiesen und Weiden, Gra- sland			
 Kulturland	Kulturland			
 Intensiv genutzte Weiden	Intensiv ge- nutzte Wei- den			
 Ackerland	Ackerland			
 Bewässertes Kulturland	Bewässertes Kulturland			

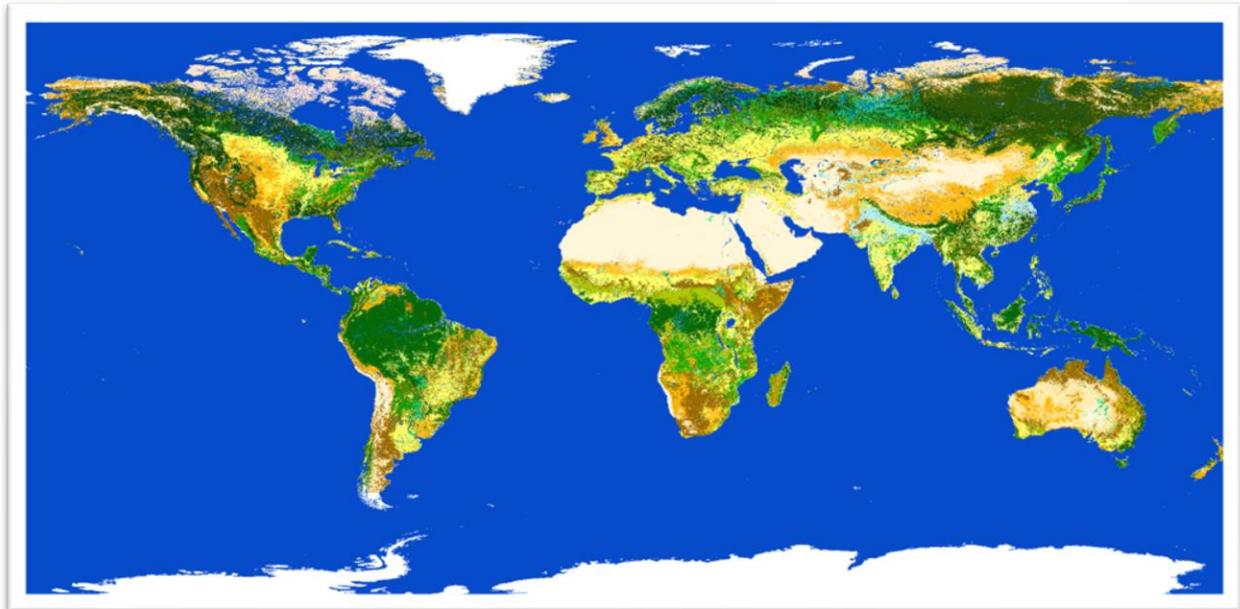
A 5 Auswertungstabelle der Datenquellen

KRITERIUM/ DATASET NAME	Abdeckung	Aktualität	Datengröße	Kategorien	Auflösung	Zuverlässigkeit	Machbarkeit	Software	Sensoren	Beschränkungen	EVALUATION
Climate Change Initiative (CCI)	global	1992-2015	300 MB	23 Klassen oder 35 Klassen	300m	Genauigkeit 73%	Ziel ist langfristiges Archiv	online-Viewer, QGIS	ENVISAT, MERIS, AVHRR, NDVI, PROBA-V, Sentinel-1-3	Freier Zugriff, Genehmigung für kommerzielle Zwecke	10
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)	global, ausser einige Wasseregionen auf Ozean	2015-2019	2.3 GB	23 Klassen	100m	ESA Copernicus Land Service, 80% Zuverlässigkeit	jährlich aktualisiert, gute Plattform	online-Viewer, QGIS, GEE	PROBA-V	Grundsatz des vollständigen, offenen und freien Zugangs	10
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ESA World Cover 10m	global	V2 2021	117 GB	11 Klassen	10m	ESA Projekt, Gesamtgenauigkeit ~75%	gutes Support und validierte Daten	online-Viewer, QGIS, GEE, Python tiles	Sentinel-1, Sentinel-2	kostenlos; für jede Verwendung	8
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
ESRI Land Cover 10m	global	2017-2023	50MB auf Festplatte	9 Klassen	10m	Daten von ESA, Esri-zertifizierter Algorithmus	Algorithmus jährlich aktualisiert, beschränkt auf Esri und IO Produkte	online-Viewer, ArcGIS Pro	Sentinel-2 Satellitenbilder	nur Esri Content Packages, an Esri wenden für Lizenzierung	7
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
FAO Global Land Cover Network (GLC-SHARE)	global, aus besten nationalen und regionalen Datasets	Satellitendaten aus 2009-2012, GLC-SHARE Beta-Version 1 2014	370 KB	11 FAO kategorien + zugewiesener Klassenwert 0-100%	30 Bogensekunden (~1 km ²)	FAO Landbedeckungsdatenbank auf globaler Ebene, Beziehung zu Referenzdaten etwa 80%	Kartierungsaktivitäten der FAO laufen operativ	QGIS	Landsat 30m oder MODIS	Vervielfältigung für nichtkommerziellen Zwecken ist ohne vorherige schriftliche gestattet	9
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

GLAD - Global Land Survey and Land Use Change (GLSLUC)	global, Rasterkacheln 10°x10°, 180W-180E und 80N-60S	2000-2020	wahrscheinlich ähnlich wie treecover	< 200 Kanäle benutzt	30m	GLAD laboratory at University of Maryland	Unterscheidung Vegetationshöhe, nicht sicher was passieren wird mit dem Projekt.	GEE, QGIS	Landsat	frei, auch für kommerzielle Zwecke	8
GLAD - Global Forest Change (GFC)	global, Rasterkacheln 10°x10°, 180W-180E und 80N-60S	2000-2023	treecover2000 < 50GB	100 Stufen (Prozentanteil) der Kronenschluss der gesamten Vegetation	30m	GLAD laboratory at University of Maryland	Keine info über Vegetationstyp, nur über die Dichte. Wahrscheinlich auf dem neuesten Stand gehalten (letzte Daten 2023).	GEE, QGIS	Landsat	frei, auch für kommerzielle Zwecke	7
MCD12C1 0.5 km MODIS-based Global Land Cover Climatology	global	jährlich, 2022	1.2 GB	8-17 Kategorien, verschiedene Datensätze	500m, 0,05° x 0,05° (~5km)	USGS, NASA	jährliche Daten seit 2001, online Archiv	QGIS, dass .hdf4-Format unterstützt	MODIS	open Data, Login für online Karte	10
OSM Landuse	EU, globale Abdeckung aber mit Lücken	2017, 2020?	0 mit WMS, Herunterladen habe ich es nicht geschafft	14 Kategorien	10m?	open data, offizielle Basisdaten und trainierte DL models	wahrscheinlich werden Daten irgendwann aktualisiert, offizielle öffentliche Daten	online-Viewer, QGIS (WMS)	Sentinel-2 10m RGB-images	open Data, Nutzung für kommerzielle Zwecke ist genehmigungspflichtig	9
USGS - Global Land Cover Characterization (GLCC)	Kontinental und global (aus kombinierten kontinentalen GLCC Datensätze)	12-month period (April 1992-March 1993).	6 GB	Es hat 7 verschiedene Datasets, Global Ecosystems Legend hat bis zu 100 Kategorien	1 km	USGS, part of NASA Earth Observing System Pathfinder Program, Genauigkeit von 66,9 %	nicht aktuelle Daten, stehen aber im online Archiv	online-Viewer, QGIS	AVHRR, NDVI	Login erforderlich, kostenlose Daten, lizenzfrei	9

A 7 Anleitungen

Climate Change Initiative (CCI) Land Cover V2



1. Daten herunterladen

1.1. Die ESA CCI-Webseite besuchen, um die Daten herunterzuladen:

<https://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/download.php>

1.2. Einige Details in das rechte Feld eingeben (Benutzername, Organisation, E-Mail)

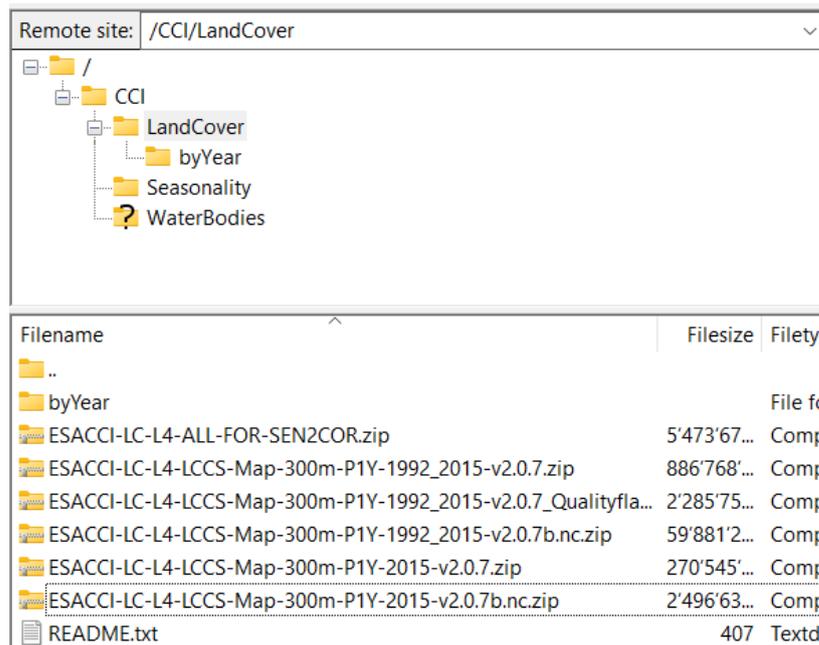
1.3. FileZilla oder eine andere externe Client-Software öffnen und die angegebenen Daten eingeben:

Server: geo10.elie.ucl.ac.be

User/password: none (let these fields empty)

Hint: if you want/need a secure connection, we support "SFTP" with a custom certificate (add "sftp://" before the server name and accept the certificate). ~64GB Folder.

1.4. Der Ordner mit den aktuellsten Daten (jetzt 2015) in einen sinnvollen Pfad kopieren und entpacken.



1.5. Ein Datensatz Plattform mit Ländern und Seen weltweit von Natural Earth oder einer vergleichbaren herunterladen:

<https://www.naturalearthdata.com/>

Es wird empfohlen, die Datensätze für *Land 10m* und *Lakes + Reservoirs 10m* herunterzuladen.

Alternative: WWF Global Lakes and Wetlands Database, Level 1 und Level 2 Daten herunterladen und die 2 auf einen Vektorlayer z.B. in QGIS zusammenführen:

<https://www.worldwildlife.org/pages/global-lakes-and-wetlands-database>

Natural Earth
Free vector and raster map data at 1:10m, 1:50m, and 1:110m scales

Home Features Downloads Blog Issues Corrections About

New! Parks and Protected Lands

Natural Earth is a public domain map dataset available at 1:10m, 1:50m, and 1:110 million scales. Featuring tightly integrated vector and raster data, with Natural Earth you can make a variety of visually pleasing, well-crafted maps with cartography or GIS software.

Natural Earth was built through a collaboration of many volunteers and is supported by NACIS (North American Cartographic Information Society), and is free for use in any type of project (see our Terms of Use page for more information). Get the Data

Convenience
Natural Earth solves a problem: finding suitable data for making small-scale maps. In a time when the web is awash in geospatial data, cartographers are forced to waste time sifting through confusing tangles of poorly attributed data to make clean, legible maps. Because your time is valuable, Natural Earth data comes ready to use.

Neatness Counts
The carefully generalized linework maintains consistent, recognizable geographic shapes at 1:10m, 1:50m, and 1:110m scales. Natural Earth was built from the ground up so you will find that all data layers align precisely with one another. For example, where rivers and country borders are one and the same, the lines are coincident.

50m-admin-0-countries_area (242 areas selected)	COUNTRYNAM	SCALERANK	FEATURECLA	SOVER
Alghanistan	1.3000000000	Countries	Alghani	
Azad	3.3000000000	Countries	Iranian	
Albani	1.3000000000	Countries	Albani	
Algeria	1.3000000000	Countries	Algeria	

2. Wasserflächen maskieren

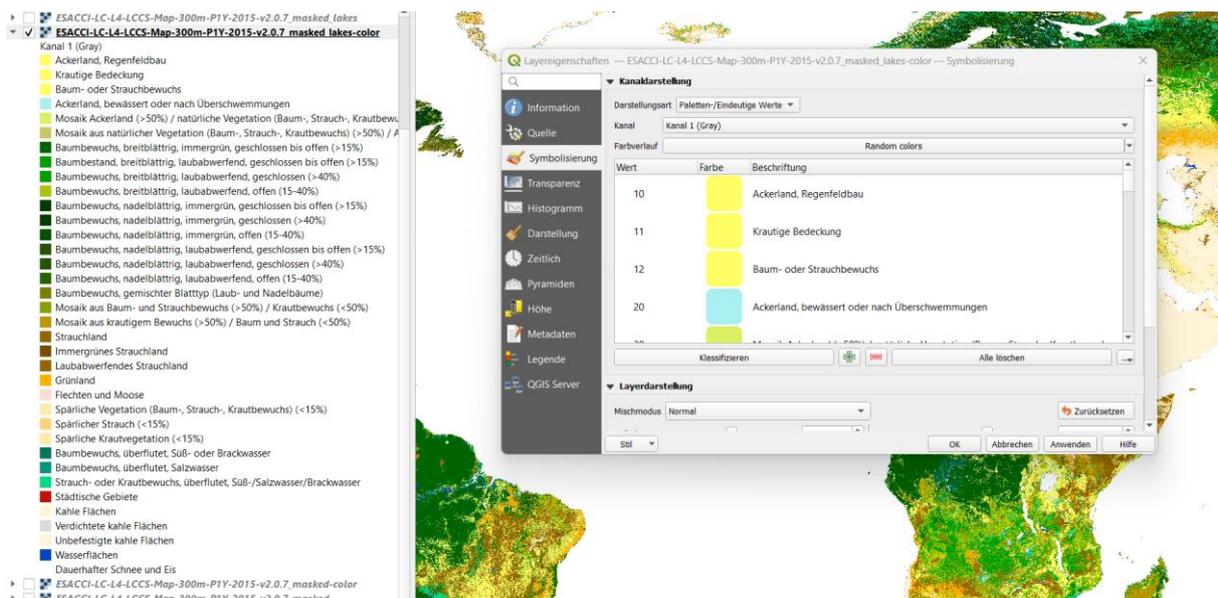
2.1. Ein neues ArcGIS-Projekt öffnen und sowohl den CCI-Datensatz als auch das *Land* und *Lakes + Reservoirs* Vektordaten laden.

2.2. Das Werkzeug "Extract by mask" anwenden, indem man die beiden Vektordaten als Maske auf die CCI-Daten anwendet. Der Extraktionsbereich INSIDE für die Maskierung des Landes und OUTSIDE für die Maskierung der Seen verwenden.

Alternative: Das Werkzeug "Clip raster by mask layer" in QGIS anwenden.

3. Symbolisierung

Das Resultat in ein neues QGIS-Projekt importieren. Unten "Symbolisierung" die Option "Paletten-/Eindeutige Werte" wählen und dann auf "Klassifizieren" drücken, um den diskreten Klassifizierungsprozess zu starten. Kategorien umbenennen und Farben manuell ändern, wie im Benutzerhandbuch des CCI-Datensatzes angegeben. Die User Guide kann aus den Online-Viewer-Seite heruntergeladen werden: <https://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>



4. Generalisierung

Das Siebwerkzeug unter Raster > Analyse > Sieben anwenden, indem Sie als Parameter einen Schwellenwert zwischen 100 und 10000 festlegen, je nachdem, wie detailliert die Daten sein sollen (je niedriger der Wert, desto mehr Details werden beibehalten). 10000 eignet sich für eine Weltkarte oder Kontinenten, 100 eher für eine grosse Region wie Nord Europa.

Alternative: die ArcGIS beschriebenen Schritte folgen, um ein klassifiziertes Raster zu generalisieren: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/generalization-of-classified-raster-imagery.htm>

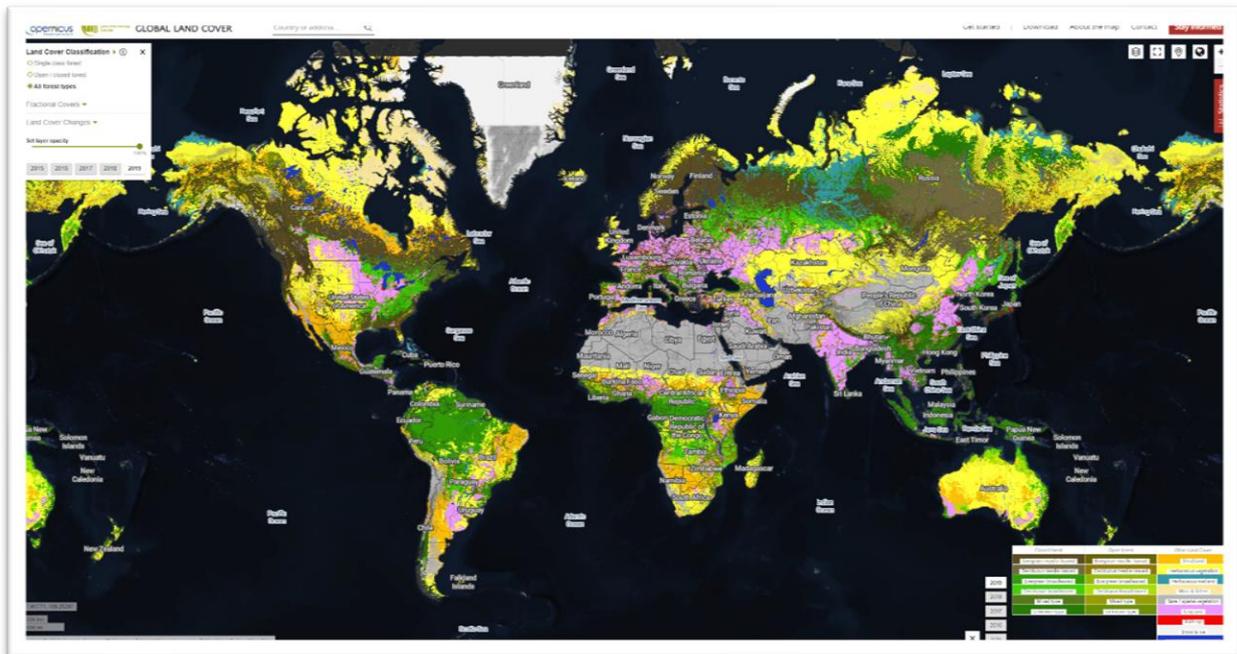
Value	Label	Color
0	No Data	
10	Cropland, rainfed	
11	Herbaceous cover	
12	Tree or shrub cover	
20	Cropland, irrigated or post-flooding	
30	Mosaic cropland (>50%) / natural vegetation (tree, shrub, herbaceous cover) (<50%)	
40	Mosaic natural vegetation (tree, shrub, herbaceous cover) (>50%) / cropland (<50%)	
50	Tree cover, broadleaved, evergreen, closed to open (>15%)	
60	Tree cover, broadleaved, deciduous, closed to open (>15%)	
61	Tree cover, broadleaved, deciduous, closed (>40%)	
62	Tree cover, broadleaved, deciduous, open (15-40%)	
70	Tree cover, needleleaved, evergreen, closed to open (>15%)	
71	Tree cover, needleleaved, evergreen, closed (>40%)	
72	Tree cover, needleleaved, evergreen, open (15-40%)	
80	Tree cover, needleleaved, deciduous, closed to open (>15%)	
81	Tree cover, needleleaved, deciduous, closed (>40%)	
82	Tree cover, needleleaved, deciduous, open (15-40%)	
90	Tree cover, mixed leaf type (broadleaved and needleleaved)	
100	Mosaic tree and shrub (>50%) / herbaceous cover (<50%)	
110	Mosaic herbaceous cover (>50%) / tree and shrub (<50%)	
120	Shrubland	
121	Evergreen shrubland	
122	Deciduous shrubland	
130	Grassland	
140	Lichens and mosses	
150	Sparse vegetation (tree, shrub, herbaceous cover) (<15%)	
151	Sparse tree (<15%)	
152	Sparse shrub (<15%)	
153	Sparse herbaceous cover (<15%)	
160	Tree cover, flooded, fresh or brakish water	
170	Tree cover, flooded, saline water	
180	Shrub or herbaceous cover, flooded, fresh/saline/brakish water	
190	Urban areas	
200	Bare areas	
201	Consolidated bare areas	
202	Unconsolidated bare areas	
210	Water bodies	
220	Permanent snow and ice	

5. Vektorisierung

Daten vektorisieren unter Raster > Konvertierung > Vektorisierung (Raster nach Vektor) und Vektordaten kategorisieren.

Falls die Kategorisierung nicht behalten wird, den Schritt **2. Symbolisierung** wiederholen. Es ist empfehlenswert, der Stil zu speichern (zu exportieren), um ihn wieder abrufen zu können.

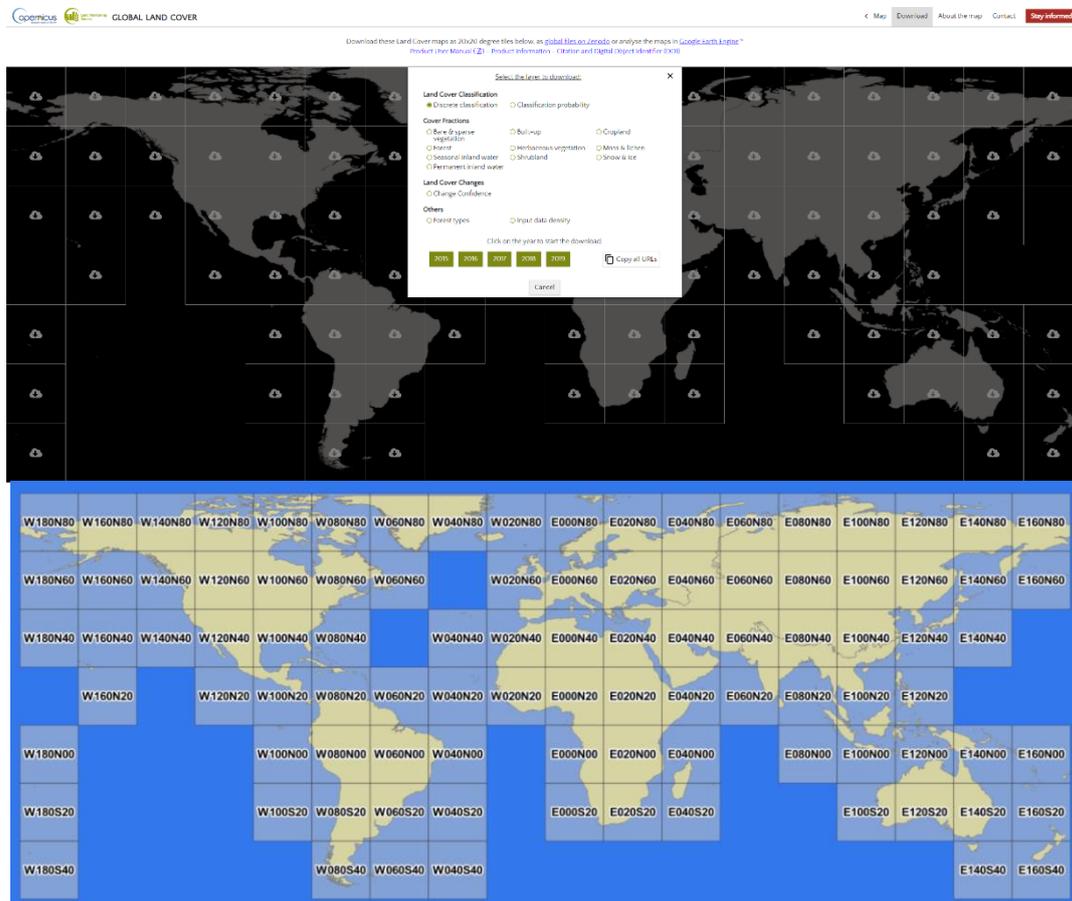
Copernicus Land Monitoring Service (CLMS)



1. Daten herunterladen

1.1. Besuchen Sie die Copernicus Land Monitoring Service-Webseite, um die Daten herunterzuladen: <https://lcviewer.vito.be/download>

1.2. Auf Rasterkacheln klicken und der Schaltknopf "Discrete Classification" auswählen.



1.3. Die heruntergeladenen Daten in ein neues QGIS-Projekt visualisieren.

2. Symbolisierung

Das Resultat in ein neues QGIS-Projekt importieren. Unten "Symbolisierung" die Option "Paletten-/Eindeutige Werte" wählen und dann auf "Klassifizieren" drucken, um den diskreten Klassifizierungsprozess zu starten. Kategorien umbenennen und Farben manuell ändern, wie im Benutzerhandbuch des Copernicus-Datensatzes angegeben. Die User Guide kann aus Webseite mit der Beschreibung des Datensatzes heruntergeladen werden: <https://land.copernicus.eu/en/products/global-dynamic-land-cover/copernicus-global-land-service-land-cover-100m-collection-3-epoch-2019-globe>

Map code	UN LCCS level	Land Cover Class	Definition according UN LCCS	Color code (RGB)
0	-	No input data available	-	40, 40, 40
111	A12A3A10B2D2E1	Closed forest, evergreen needle leaf	tree canopy >70 %, almost all needle leaf trees remain green all year. Canopy is never without green foliage.	88, 72, 31
113	A12A3A10B2D2E2	Closed forest, deciduous needle leaf	tree canopy >70 %, consists of seasonal needle leaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods	112, 102, 62
112	A12A3A10B2D1E1	Closed forest, evergreen, broad leaf	tree canopy >70 %, almost all broadleaf trees remain green year round. Canopy is never without green foliage.	0, 153, 0
114	A12A3A10B2D1E2	Closed forest, deciduous broad leaf	tree canopy >70 %, consists of seasonal broadleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.	0, 204, 0
115	A12A3A10	Closed forest, mixed	Closed forest, mix of types	78, 117, 31
116	A12A3A10	Closed forest, unknown	Closed forest, not matching any of the other definitions	0, 120, 0
121	A12A3A11B2D2E1	Open forest, evergreen needle leaf	top layer- trees 15-70 % and second layer-mixed of shrubs and grassland, almost all needle leaf trees remain green all year. Canopy is never without green foliage.	102, 96, 0
123	A12A3A11B2D2E2	Open forest, deciduous needle leaf	top layer- trees 15-70 % and second layer-mixed of shrubs and grassland, consists of seasonal needle leaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods	141, 116, 0
122	A12A3A11B2D1E1	Open forest, evergreen broad leaf	top layer- trees 15-70 % and second layer-mixed of shrubs and grassland, almost all broadleaf trees remain green year round. Canopy is never without green foliage.	141, 180, 0
124	A12A3A11B2D1E2	Open forest, deciduous broad leaf	top layer- trees 15-70 % and second layer-mixed of shrubs and grassland, consists of seasonal broadleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.	160, 220, 0
125	A12A3A12	Open forest, mixed	Open forest, mix of types	146, 153, 0
126	A12A3A12	Open forest, unknown	Open forest, not matching any of the other definitions	100, 140, 0
20	A12A4A20B3(B9)	Shrubs	These are woody perennial plants with persistent and woody stems and without any defined main stem being less than 5 m tall. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.	255, 187, 34
30	A12A2(A6)A20B4	Herbaceous vegetation	Plants without persistent stem or shoots above ground and lacking definite firm structure. Tree and shrub cover is less than 10 %.	255, 255, 76
90	A24A2A20	Herbaceous wetland	Lands with a permanent mixture of water and herbaceous or woody vegetation. The vegetation can be present in either salt, brackish, or fresh water.	0, 150, 160
100	A12A7	Moss and lichen	Moss and lichen	250, 230, 160
60	B16A1(A2)	Bare / sparse vegetation	Lands with exposed soil, sand, or rocks and never has more than 10 % vegetated cover during any time of the year	180, 180, 180
40	A11A3	Cultivated and managed vegetation/agriculture (cropland)	Lands covered with temporary crops followed by harvest and a bare soil period (e.g., single and multiple cropping systems). Note that perennial woody crops will be classified as the appropriate forest or shrub land cover type.	240, 150, 255
50	B15A1	Urban / built up	Land covered by buildings and other man-made structures	250, 0, 0
70	B28A2(A3)	Snow and Ice	Lands under snow or ice cover throughout the year.	240, 240, 240
80	B28A1B1	Permanent water bodies	lakes, reservoirs, and rivers. Can be either fresh or salt-water bodies.	0, 50, 200
200	B28A1B1'	Open sea	Oceans, seas. Can be either fresh or salt-water bodies.	0, 0, 128

3. Generalisierung

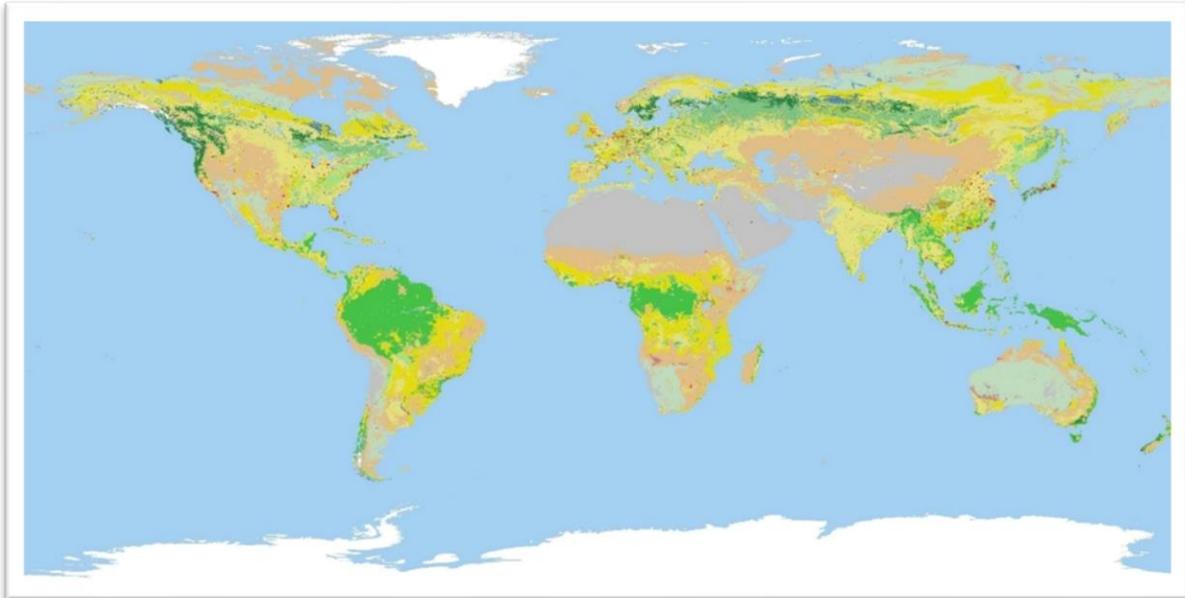
Eine Rasterkachel wählen und das Siebwerkzeug unter Raster > Analyse > Sieben anwenden, indem Sie als Parameter einen Schwellenwert zwischen 100 und 10000 festlegen, je nachdem, wie detailliert die Daten sein sollen (je niedriger der Wert, desto mehr Details werden beibehalten). 10000 eignet sich für eine Weltkarte oder Kontinenten, 100 eher für eine grosse Region wie Nord Europa.

4. Vektorisierung

Daten vektorisieren unter Raster > Konvertierung > Vektorisierung (Raster nach Vektor) und Vektordaten kategorisieren.

Falls die Kategorisierung nicht behalten wird, den Schritt **2. Symbolisierung** wiederholen. Es ist empfehlenswert, der Stil zu speichern (zu exportieren), um ihn wieder abrufen zu können.

MCD12C1 0.5 km MODIS-based Global Land Cover Climatology

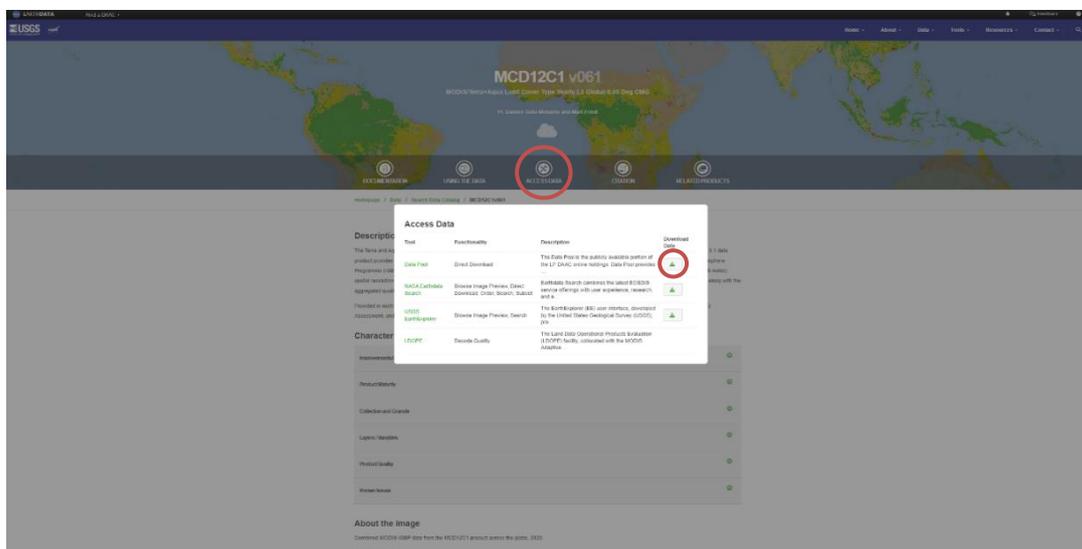


1. Daten herunterladen

1.1. Die NASA LP DAAC-Webseite, um die Daten herunterzuladen:

<https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd12c1v061/>

1.2. Auf "Access Data" klicken und auf den grünen Pfeilen neben "Data Pool" klicken.



1.3. Auf den gewünschten Ordner mit den Daten für das jeweilige Jahr klicken und dessen Inhalt herunterladen.

1.4. Die heruntergeladenen Daten in .hdf Format in ein neues QGIS-Projekt importieren. Es ist empfehlenswert die Daten "Land Cover Type 1" zu benutzen, nämlich die Klassifizierung, die sich aus dem von der International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) verwendeten Schema ableitet.

Table 1: MCD12Q1 Science Data Sets.

SDS Full Name	Short Name	Description	Units	Data Type	Valid Range	Fill Value
Land Cover Type 1	LC_Type1	Annual IGBP classification	Class #	8-bit unsigned	[1,17]	255
Land Cover Type 2	LC_Type2	Annual UMD classification	Class #	8-bit unsigned	[0,15]	255
Land Cover Type 3	LC_Type3	Annual LAI classification	Class #	8-bit unsigned	[0,10]	255
Land Cover Type 4	LC_Type4	Annual BGC classification	Class #	8-bit unsigned	[0,8]	255
Land Cover Type 5	LC_Type5	Annual PFT classification	Class #	8-bit unsigned	[0,11]	255
Land Cover Property 1	LC_Prop1	LCCS1 land cover layer	Class #	8-bit unsigned	[1,43]	255
Land Cover Property 2	LC_Prop2	LCCS2 land use layer	Class #	8-bit unsigned	[1,40]	255
Land Cover Property 3	LC_Prop3	LCCS3 surface hydrology layer	Class #	8-bit unsigned	[1,51]	255
Land Cover Property 1 Assessment	LC_Prop1_Ass	LCCS1 land cover layer confidence	Percent x 100	8-bit unsigned	[0,100]	255
Land Cover Property 2 Assessment	LC_Prop2_Ass	LCCS2 land use layer confidence	Percent x 100	8-bit unsigned	[0,100]	255
Land Cover Property 3 Assessment	LC_Prop3_Ass	LCCS3 surface hydrology layer confidence	Percent x 100	8-bit unsigned	[0,100]	255
Land Cover QC	QC	Product quality flags	Flags	8-bit unsigned	[0,10]	255
Land Water Mask	LW	Binary land (class 2) / water (class 1) mask derived from MOD44W	Class #	8-bit unsigned	[1,2]	255

2. Symbolisierung

Das Resultat in ein neues QGIS-Projekt importieren. Unten "Symbolisierung" die Option "Paletten-/Eindeutige Werte" wählen und dann auf "Klassifizieren" drucken, um den diskreten Klassifizierungsprozess zu starten. Kategorien umbenennen und Farben manuell ändern, wie im Benutzerhandbuch des MODIS-Datensatzes angegeben. Die User Guide kann aus MCD12C1-Webseite heruntergeladen werden, indem man auf "Documentation" klickt.

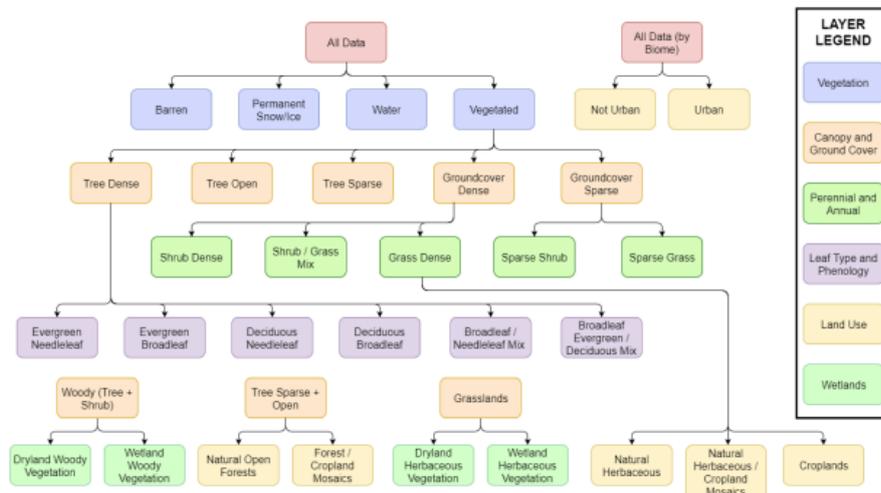


Figure 1: A diagram showing the nested classifications used to produce the LCCS scheme. Each set of arrows that originates from a parent node represents a single classification with the children nodes the output classes. Each color represents a different layer of the classification hierarchy. The surface hydrology and land use layers contain different information than land cover but overlap in certain definitions. The hierarchical nature allows for users to create their own custom legends.

Table 12: MCD12C1 International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) legend and class descriptions. The other class legends of the MCD12C1 product are identical to the MCD12Q1 product above.

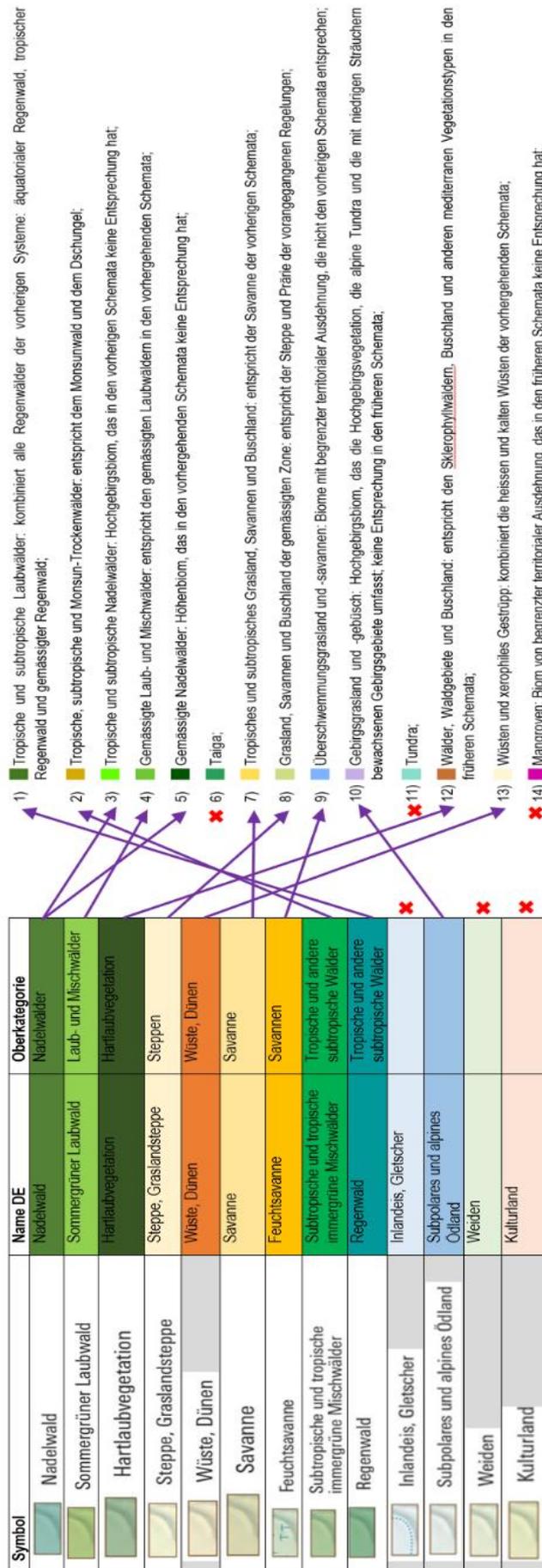
Name	Value	Description
Water Bodies	0	At least 60% of area is covered by permanent water bodies.
Evergreen Needleleaf Forests	1	Dominated by evergreen conifer trees (canopy >2m). Tree cover >60%.
Evergreen Broadleaf Forests	2	Dominated by evergreen broadleaf and palmate trees (canopy >2m). Tree cover >60%.
Deciduous Needleleaf Forests	3	Dominated by deciduous needleleaf (larch) trees (canopy >2m). Tree cover >60%.
Deciduous Broadleaf Forests	4	Dominated by deciduous broadleaf trees (canopy >2m). Tree cover >60%.
Mixed Forests	5	Dominated by neither deciduous nor evergreen (40-60% of each) tree type (canopy >2m). Tree cover >60%.
Closed Shrublands	6	Dominated by woody perennials (1-2m height) >60% cover.
Open Shrublands	7	Dominated by woody perennials (1-2m height) 10-60% cover.
Woody Savannas	8	Tree cover 30-60% (canopy >2m).
Savannas	9	Tree cover 10-30% (canopy >2m).
Grasslands	10	Dominated by herbaceous annuals (<2m).
Permanent Wetlands	11	Permanently inundated lands with 30-60% water cover and >10% vegetated cover.
Croplands	12	At least 60% of area is cultivated cropland.
Urban and Built-up Lands	13	At least 30% impervious surface area including building materials, asphalt, and vehicles.
Cropland/Natural Vegetation Mosaics	14	Mosaics of small-scale cultivation 40-60% with natural tree, shrub, or herbaceous vegetation.
Permanent Snow and Ice	15	At least 60% of area is covered by snow and ice for at least 10 months of the year.
Barren	16	At least 60% of area is non-vegetated barren (sand, rock, soil) areas with less than 10% vegetation.
Unclassified	255	Has not received a map label because of missing inputs.

3. Vektorisierung

Daten vektorisieren unter Raster > Konvertierung > Vektorisierung (Raster nach Vektor) und Vektordaten kategorisieren.

Falls die Kategorisierung nicht behalten wird, den Schritt **2. Symbolisierung** wiederholen. Es ist empfehlenswert, der Stil zu speichern (zu exportieren), um ihn wieder abrufen zu können.

A 8 Vergleich der wichtigsten SWA-Formationsklassen und die Biome



A 9 Vergleich der SWA-Kategorien mit CCI, Copernicus und MCD12C1

SWA	MCD12C1	Copernicus	CCI	MCD12C1	Copernicus	CCI
Nadelwald	Immergrüne Nadelbaumwälder	Immergrüner, nadelförmiger geschlossener Wald		Wasserflächen	Keine Input Daten verfügbar	Keine Daten
Sommergrüner Laubwald	Sommergrüne Laubwälder	Sommergrüner Laubwald			Strauchland	
Hartlaubvegetation	Immergrüne Laubwälder			Sommergrüne Nadelbaumwälder		Krautige Bedeckung
Steppe, Graslandsteppe						Baum- oder Strauchbewuchs
Wüste, Dünen					Aufgebaut	Ackerland, bewässert oder nach Überschwemmungen
Savanne	Savannen				Kahle / verstreute Vegetation	Mosaik Ackerland (>50%) / natürliche Vegetation (Baum-, Strauch-, Krautbewuchs) (<50%)
Feuchtsavanne	Bewaldete Savannen			Geschlossene Gebüsche	Permanente Wasserflächen	Mosaik aus natürlicher Vegetation (Baum-, Strauch-, Krautbewuchs) (>50%) / Ackerland (<50%)
Subtropische und tropische immergrüne Mischwälder	Mischwald	Gemischter offener Wald Typ		Offene Gebüsche	Grünland-Feuchtgebiet	Baumbewuchs, breitblättrig, immergrün, geschlossen bis offen (>15%)
Regenwald					Laubabwerfender Laubwald geschlossen	Baumbestand, breitblättrig, laubabwerfend, geschlossen bis offen (>15%)
Inlandeis, Gletscher	Schnee und Eis		Dauerhafter Schnee und Eis		Moos und Flechten	Baumbewuchs, breitblättrig, laubabwerfend, geschlossen (>40%)
Subpolares und alpines Ödland						Baumbewuchs, breitblättrig, laubabwerfend, offen (15-40%)
Weiden	Grünland	Grünland	Grünland	Permanente Feuchtgebiete	Immergrüner geschlossener Laubwald	Baumbewuchs, nadelblättrig, immergrün, geschlossen bis offen (>15%)
Kulturland	Ackerland	Ackerland	Ackerland, Regentfeldbau		Laub-Nadelwald geschlossener Wald	Baumbewuchs, nadelblättrig, immergrün, geschlossen (>40%)
					Laubabwerfender geschlossener Laubwald	Baumbewuchs, nadelblättrig, immergrün, offen (15-40%)
					Gemischter geschlossener Wald Typ	Baumbewuchs, nadelblättrig, laubabwerfend, geschlossen bis offen (>15%)
					Unbekannter geschlossener Wald Typ	Baumbewuchs, nadelblättrig, laubabwerfend, geschlossen (>40%)
					Immergrüner nadelblättriger offener Wald	Baumbewuchs, nadelblättrig, laubabwerfend, offen (15-40%)
				Kahl oder spärlich bewachsen		

A 10 Vergleich der CCI-Kategorien mit Copernicus und MCD12C1

CCI	Copernicus	MCD12C1	Copernicus	MCD21C1
Keine Daten	Keine Input Daten verfügbar	Unklassifiziert		
Ackerland, Regenfeldbau	Ackerland	Ackerland		
Krautige Bedeckung				
Baum- oder Strauchbewuchs				
Ackerland, bewässert oder nach Überschwemmungen	Grünland-Feuchtgebiet	Permanente Feuchtgebiete		
Mosaik Ackerland (>50%) / natürliche Vegetation (Baum-, Strauch-, Krautbewuchs) (<50%)				
Mosaik aus natürlicher Vegetation (Baum-, Strauch-, Krautbewuchs) (>50%) / Ackerland (<50%)		Mosaik aus Ackerland und natürlicher Vegetation	Permanente Wasserflächen	
Baumbewuchs, breitblättrig, immergrün, geschlossen bis offen (>15%)	Immergrüner offener Laubwald	Immergrüne Laubwälder		
Baumbestand, breitblättrig, laubabwerfend, geschlossen bis offen (>15%)	Laubabwerfender geschlossener Laubwald		Laubabwerfender Laubwald geschlossen	Bewaldete Savannen
Baumbewuchs, breitblättrig, laubabwerfend, geschlossen (>40%)	Immergrüner geschlossener Laubwald			Savannen
Baumbewuchs, breitblättrig, laubabwerfend, offen (15-40%)	Sommergrüner Laubwald	Sommergrüne Laubwälder		
Baumbewuchs, nadelblättrig, immergrün, geschlossen bis offen (>15%)	Immergrüner nadelblättriger offener Wald			
Baumbewuchs, nadelblättrig, immergrün, geschlossen (>40%)	Immergrüner, nadelförmiger geschlossener Wald	Immergrüne Nadelbaumwälder		
Baumbewuchs, nadelblättrig, immergrün, offen (15-40%)				
Baumbewuchs, nadelblättrig, laubabwerfend, geschlossen bis offen (>15%)	Laubwald mit Nadelblättern	Sommergrüne Nadelbaumwälder		
Baumbewuchs, nadelblättrig, laubabwerfend, geschlossen (>40%)	Laub-Nadelwald geschlossener Wald		Unbekannter geschlossener Wald Typ	
Baumbewuchs, nadelblättrig, laubabwerfend, offen (15-40%)				

CCI	Copernicus	MCD12C1	Copernicus	MCD21C1
Baumbewuchs, gemischter Blatttyp (Laub- und Nadelbäume)	Gemischter geschlossener Wald Typ	Mischwald		
Mosaik aus Baum- und Strauchbewuchs (>50%) / Krautbewuchs (<50%)	Gemischter offener Wald Typ			
Mosaik aus krautigem Bewuchs (>50%) / Baum und Strauch (<50%)	Unbekannter offener Wald Typ			
Strauchland	Strauchland	Geschlossene Gebüsch		
Immergrünes Strauchland				
Laubabwerfendes Strauchland				
Grünland	Grünland	Grünland		
Flechten und Moose	Moos und Flechten			
Spärliche Vegetation (Baum-, Strauch-, Krautbewuchs) (<15%)				
Spärlicher Baum (<15%)				
Spärlicher Strauch (<15%)		Offene Gebüsch		
Spärliche Krautvegetation (<15%)				
Baumbewuchs, überflutet, Süß- oder Brackwasser				
Baumbewuchs, überflutet, Salzwasser				
Strauch- oder Krautbewuchs, überflutet, Süß- /Salzwasser/Brackwasser				
Städtische Gebiete	Aufgebaut	Städtische und bebaute Gebiete		
Kahle Flächen				
Verdichtete kahle Flächen	Kahle / verstreute Vegetation	Kahl oder spärlich bewachsen		
Unbefestigte kahle Flächen				
Wasserflächen	Ozean	Wasserflächen		
Dauerhafter Schnee und Eis		Schnee und Eis		