

Eine neue Landschaftscharakter- typologie für die Schweiz

Prototyp am Beispiel der Kantone ZG, VD und GR



Marcel Hunziker, Selina Gattiker, Lina Torregroza,
Cécile Nyffeler, Dominique Weber, Christian Ginzler,
Karina Liechti, Stephan Schneider

Eine neue Landschaftscharakter- typologie für die Schweiz

Prototyp am Beispiel der Kantone ZG, VD und GR

Marcel Hunziker, Selina Gattiker, Lina Torregroza,
Cécile Nyffeler, Dominique Weber, Christian Ginzler,
Karina Liechti, Stephan Schneider

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Impressum

Herausgeberin

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Verantwortlich für dieses Heft

Irmi Seidl, Leiterin Forschungseinheit Wirtschafts- und Sozialwissenschaft

Schriftleitung

Sandra Gurzeler, Gruppenleiterin Publikationen

Zitiervorschlag

Hunziker M., Gattiker S., Torregroza L., Nyffeler C., Weber D., Ginzler C., Liechti K., Schneider S. (2026)
Eine neue Landschaftscharaktertypologie für die Schweiz. Prototyp am Beispiel der Kantone ZG, VD und GR.
WSL Ber. 190: 64 S. doi.org/10.55419/wsl:43029

Titelbild: Marcel Hunziker, WSL

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Biodiversität und Landschaft, CH-3003 Bern
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer

Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Autorinnen und Autoren

Marcel Hunziker, Selina Gattiker, Lina Torregroza, Cécile Nyffeler, Dominique Weber,
Christian Ginzler, WSL
Karina Liechti, Stephan Schneider, SL

Begleitung BAFU

Gilles Rudaz, Johann Dupuis

Begleitung Kantone

Stefan Rey, Abteilung Natur und Landschaft, Amt für Raum und Verkehr Kanton Zug
Laura Brosi-Hofmann, ANU GR

Hinweis: Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Download: wsl.ch/berichte

ISSN 2296-3448 (Print)

ISSN 2296-3456 (Online)

Die Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL forscht lösungsorientiert zu Wald, Landschaft, Biodiversität, Naturgefahren sowie Schnee und Eis in einer Welt im Wandel. Als Forschungsinstitut des Bundes und Teil des ETH-Bereichs verpflichtet sie sich der Exzellenz in Forschung und Umsetzung.



Diese Publikation ist Open Access und alle Texte und Fotos, bei denen nichts anderes angegeben ist, unterliegen der Creative-Commons-Lizenz CC BY 4.0. Sie dürfen unter Angabe der Quelle frei vervielfältigt, verbreitet und verändert werden.

Inhalt

Inhalt	3
Zusammenfassungen in Englisch, Deutsch und Französisch	4
Abstract 4	4
Zusammenfassung	4
Sommaire exécutif	6
1 Einleitung.....	9
1.1 Ausgangslage: Bestehende Landschaftstypologien in der Schweiz	9
1.2 Problemstellung	10
1.3 Projektziele	10
1.4 Projektdesign	11
2 Entwicklung einer Methode für eine umfassende Landschaftscharaktertypologie	12
2.1 Auswahl des Testgebiets	12
2.2 Datenbeschreibung und -aufbereitung.....	12
2.3 Entwicklung einer räumlich anwendbaren Typologie.....	18
2.4 Einbezug Expert:innenwissen zur Validierung und Plausibilisierung.....	27
3 Ergebnis: Prototyp für eine Landschaftscharaktertypologie der Schweiz am Beispiel der Pilotregion Kanton Zug	27
3.1 Unüberwachte Klassifikation als Grundlage der entwickelten Landschaftscharaktertypologie	27
3.2 Beschreibung der entwickelten Typologie am Beispiel der Pilotregion Kanton Zug	28
3.3 Regelbasierte Klassifikation der Landschaftscharaktertypen	30
3.4 Einbezug der gesellschaftlichen Wahrnehmung der charakteristischen Landschaften in der Pilotregion Kanton Zug.....	36
3.5 Externe Validierung und Plausibilisierung.....	38
4 Diskussion der Eignung des Prototyps und Ausblick.....	42
4.1 Definition von Landschaftscharaktertypen	42
4.2 Räumliche Implementierung der Typologie	43
4.3 Möglichkeiten und Grenzen der Verknüpfung von physisch und gesellschaftlich wahrgenommenem Landschaftscharakter	45
4.4 Grenzen des Prototyps und Herausforderungen für die Anwendbarkeit auf die ganze Schweiz	48
4.5 Das Potenzial der vorgeschlagenen Landschaftscharaktertypologie für das Monitoring des regionalen Landschaftscharakters und für die Verwendung in anderen Monitoringprogrammen	49
4.6 Fazit und Ausblick.....	49
5 Literatur	51
6 Anhang	52
6.1 Landschaftstypen Kanton Zug als Referenz	52
6.2 Variablenliste	52
6.3 Komplette Ähnlichkeits- und Koexistenzmatrizen	57
6.4 Heatmap Variablen unüberwachte Klassifikation	59
6.5 Landschaftspatch Abgrenzung auf Hektar-Kandidat-Basis.....	60
6.6 Exemplarische Karten der charakteristischen Landschaften in den Pilotregionen	61

Zusammenfassungen in Englisch, Deutsch und Französisch

Abstract

Switzerland boasts a remarkable diversity of characteristic landscapes, the protection and development of which are key objectives of Swiss landscape policy. However, existing typologies such as the Swiss landscape typology or the catalogue of characteristic cultural landscapes do not reflect this diversity in a sufficiently spatially differentiated and scalable manner, nor do they cover the entire country. The project therefore developed a prototype for a spatially explicit landscape character typology that integrates physical geodata, social perception and expert knowledge and can be applied to the whole of Switzerland in future.

The methodology combines unsupervised with rule-based classification and is based on a four-pillar approach: (1) geodata analysis, (2) use of existing typologies, (3) integration of the LABES indicator 17 for the perception of landscape character, and (4) validation by experts. This resulted in 22 landscape character types (e.g. forest, agricultural, settlement, industrial, tourism, and mixed types). Overlaps between landscape character types are resolved by means of hierarchical classification.

The pilot application in the cantons of Zug, Vaud and Graubünden shows that landscape character types can be mapped in a methodically robust, spatially explicit, and technically principally scalable manner. Social perception complements typification based on bio-geophysical data, but in some cases shows significant divergences. The method can form a basis for national monitoring and Swiss landscape policy

Zusammenfassung

Die Schweiz ist durch eine ausgeprägte landschaftliche Vielfalt gekennzeichnet, die sowohl naturräumlich als auch kulturell bedingt ist. Der Schutz und die gezielte Förderung dieser Diversität bilden seit Jahren einen zentralen Bestandteil nationaler Strategien in Umwelt-, Raumplanungs- und Landschaftspolitik. Bestehende Instrumente wie die Landschaftstypologie Schweiz oder der Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften leisten dazu einen wichtigen Beitrag, weisen jedoch systematische Grenzen auf: Sie sind entweder methodisch heterogen, räumlich zu grob, nicht flächendeckend für die Schweiz, nicht skalierbar oder berücksichtigen gesellschaftliche Dimensionen nur unzureichend. Damit fehlt ein Instrument, welches die landschaftliche Eigenart der Schweiz in ihrer physischen, sozialen und planerisch relevanten Komplexität erfasst, operationalisiert und über Raum und Zeit vergleichbar macht.

Genau hier setzt das Projekt an. Es entwickelte und erprobte einen Prototyp einer Landschaftscharaktertypologie, die diese Lücke systematisch schliesst. Der Ansatz beruht auf einem integrierten Vier-Säulen-Modell. Erstens werden umfassende, schweizweit verfügbare Geodaten genutzt, die Relief, Landnutzung, Siedlungsstruktur und charakteristische Landschaftselemente abbilden. Zweitens werden bestehende fachliche Typologien, insbesondere der Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften, in die Systematik integriert, um auf bestehendes Wissen aufzubauen und institutionelle Anschlussfähigkeit sicherzustellen. Drittens wird mit dem LABES-Indikator 17 eine gesellschaftliche Wahrnehmungsebene eingebunden, die erfasst, welche Landschaftselemente die Bevölkerung als charakteristisch für ihre Wohngemeinde erachtet. Viertens

erfolgt eine Validierung und Plausibilisierung durch Expert:innenwissen aus Bund und Kantonen, um die Anschlussfähigkeit an bestehende Planungs- und Steuerungsstrukturen zu gewährleisten.

Die methodische Grundlage ist datengetrieben und regelbasiert zugleich. Insgesamt werden 153 Variablen aus flächendeckenden Geodaten gewonnen und in ein Raster mit einer Auflösung von 1 ha überführt. Die räumliche Klassifikation erfolgt in zwei Schritten: Zunächst ermöglicht eine unüberwachte Klassifikation mittels k-Means die Identifikation raumstruktureller Muster, ohne vorgängige Definition von Landschaftstypen. Darauf aufbauend erfolgt eine regelbasierte Klassifikation, die auf einem mehrstufigen System (Geomorphologie, dominante Nutzung, prägende Strukturen, Wahrnehmung) beruht. So lassen sich spezifische Landschaftscharaktertypen präzise abgrenzen. Anschliessend werden die klassifizierten Rasterzellen zu konsistenten Landschaftspolygonen aggregiert, Überlagerungen durch ein Hierarchiemodell aufgelöst und verbleibende Lücken geschlossen, um eine lückenlose, klar interpretierbare Kartierung zu erreichen.

Die so entwickelte Typologie umfasst 22 Landschaftscharaktertypen. Diese reichen von Waldlandschaften und Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster über Alplandschaften und Moorlandschaften bis hin zu Agrarlandschaften unterschiedlicher Nutzungsintensität, Streusiedlungslandschaften, urbanen und periurbanen Siedlungslandschaften sowie Industrie-, Gewerbe-, Tourismus- und Infrastrukturlandschaften. Die Systematik ermöglicht es, Landschaften nicht nur nach geophysikalischen Merkmalen, sondern auch hinsichtlich ihrer funktionalen, kulturellen und wahrnehmungsbezogenen Dimensionen zu erfassen.

Eine besondere Rolle spielt die Integration der gesellschaftlichen Perspektive: Die Wahrnehmung der Bevölkerung wird über den LABES-Indikator 17 als überlagernde Information in die Kartierung der Landschaftscharaktertypen eingebunden. Die Pilotanwendung zeigt dabei ein differenziertes Bild: In manchen Fällen besteht eine hohe Übereinstimmung zwischen auf biogeophysikalischen Daten basierten kartierten Landschaften und wahrgenommenen Landschaftsmerkmalen – etwa bei Industrie- und Grünlandlandschaften. In anderen Fällen treten deutliche Divergenzen auf, beispielsweise bei Moor- und Streusiedlungslandschaften, wo die gesellschaftliche Wahrnehmung nicht mit der objektivierten Geodatenklassifikation übereinstimmt. Diese Befunde machen sichtbar, dass Landschaftscharakter mehrdimensional ist: Er entsteht nicht allein aus biogeophysikalischen Strukturen, sondern auch aus gesellschaftlichen Zuschreibungen und kulturell geprägten Wahrnehmungen.

Der Prototyp wurde für den Kanton Zug entwickelt und an den Kantonen Waadt und Graubünden getestet. Die Anwendung zeigt die methodische Robustheit, die räumliche Explizitheit und die grundsätzlich technisch mögliche Skalierbarkeit des Ansatzes auf die gesamte Schweiz auf. Durch den konsequenten Einsatz national verfügbarer Geodaten und standardisierter Klassifikationsverfahren lässt sich die Typologie – nach einer noch zu erfolgenden Weiterentwicklung hinsichtlich räumlicher Spezifitäten in der ganzen Schweiz – sowohl auf übergeordneter nationaler Ebene als auch auf kantonaler oder regionaler Ebene anwenden.

Damit schafft die Methode die Grundlage für ein landesweites Monitoring charakteristischer Landschaften, welches Veränderungen über Zeit systematisch erfassbar macht. Sie kann evidenzbasierte politische und planerische Entscheidungen unterstützen und die Integration gesellschaftlicher Perspektiven in der Landschaftspolitik stärken. Die Landschaftscharaktertypologie hat damit das Potenzial zu einem Schlüsselwerkzeug für eine breit abgestützte, zeitgemässe und evidenzbasierte Landschaftspolitik in der Schweiz.

Sommaire exécutif

La Suisse se caractérise par une diversité de paysages exceptionnelle, qui n'a que peu d'équivalents en Europe en termes de densité, de variété et d'empreinte culturelle. Cette diversité n'est pas seulement le résultat de conditions géophysiques telles que le relief, le climat et la végétation, mais aussi le fruit d'une longue interaction entre l'homme et l'environnement, qui s'est développée au fil de l'histoire. La coexistence d'espaces alpins et urbains-industriels, de paysages culturels agricoles et de zones naturelles précieuses sur le plan écologique façonne le paysage tout autant que différentes formes de perception, d'identification et d'utilisation. Dans ce contexte, la politique du paysage joue un rôle stratégique : elle doit préserver et développer le caractère unique et la qualité de ces paysages, tout en assurant la cohérence de la planification entre les différents niveaux fédéraux.

Les instruments existants, tels que la typologie des paysages suisses et le catalogue des paysages culturels caractéristiques, fournissent des bases précieuses à cet effet, mais ne sont pas en mesure de représenter la complexité du paysage de manière systématique, spatialement explicite, couvrant l'ensemble du territoire suisse et ce à différentes échelles. Ils reposent soit sur des classifications trop générales, soit sur des concepts fragmentés, des méthodes hétérogènes ou ne peuvent être mises en œuvre de façon opérationnelle au niveau national. Il manque surtout une intégration des géodonnées physiques, des perceptions sociales et des connaissances institutionnelles dans un cadre cohérent. Il en résulte l'absence d'un cadre spatial commun pour identifier, observer et gérer stratégiquement les particularités paysagères à l'échelle nationale.

Le projet développe et teste un prototype de typologie des caractères paysagers qui comble cette lacune. Il opérationnalise la notion de caractère paysager en tant qu'interface entre les structures physiques du paysage, la perception sociale et l'expertise technique et institutionnelle. L'objectif est de créer un instrument spatialement explicite et applicable à l'échelle nationale, qui puisse être adapté à différentes échelles et qui rende visible la relation sociale au paysage. L'hypothèse théorique de base est que les types de caractères paysagers sont multidimensionnels. Ils ne se composent pas seulement de caractéristiques paysagères objectivables, mais aussi de niveaux de perception et d'interprétation subjectifs et socialement ancrés. Une typologie efficace doit relier systématiquement ces deux dimensions.

La méthodologie repose sur quatre piliers centraux. Premièrement, les géodonnées disponibles à l'échelle nationale sur la topographie, l'utilisation du sol, la végétation, l'urbanisation et les infrastructures sont utilisées pour constituer la base physique de la typologie. Deuxièmement, les typologies spécialisées existantes, en particulier le catalogue des paysages culturels caractéristiques, sont intégrées comme ancrage sémantique et conceptuel afin de garantir la compatibilité avec les concepts d'aménagement établis. Troisièmement, l'indicateur LABES 17 tient compte de la perception sociale, qui recense les éléments du paysage que la population considère comme caractéristiques. Quatrièmement, une validation est effectuée par des experts de la Confédération et des cantons afin de garantir la plausibilité de la typologie et sa compatibilité avec les processus décisionnels politiques. Cette approche globale permet de combiner différents niveaux du caractère paysagers à l'élaboration d'une typologie nationale. La structure physique du paysage est décrite sur la base de 153 variables dérivées des géodonnées disponibles au niveau national. Ces données sont converties en une grille d'une résolution de 1 ha, qui sert d'unité de base standardisée. La classification s'effectue en deux étapes. Tout d'abord, une classification non supervisée à l'aide de k-means permet d'identifier des motifs spatiaux sans typologie préalable, afin

de rendre visible la structure inhérente aux données. Sur cette base, une classification basée sur des règles est effectuée à l'aide d'un système à plusieurs niveaux. Le premier niveau tient compte de la géomorphologie, le deuxième de l'utilisation dominante des sols, le troisième des structures caractéristiques telles que les haies, les arbres fruitiers ou les formes d'habitat, et le quatrième des éléments paysagers perçus par la société issue de LABES 17. Une fois classifiées, les cellules de la grille sont agrégées en polygones paysagers à l'aide du procédé Alpha Shape. Les superpositions sont résolues à l'aide d'un modèle hiérarchique : les types marquants à petite échelle, tels que les habitats dispersés, ont la priorité sur les types d'arrière-plan à grande échelle, tels que les forêts. Les surfaces manquantes sont comblées par des remplissages contrôlés afin de garantir une cartographie cohérente et complète.

La typologie développée comprend 22 types de paysages qui couvrent un large éventail thématique et structurel. Il s'agit notamment de types dominés par l'espace naturel tels que les paysages forestiers, les paysages en mosaïque avec motif forêt-paysage ouvert, les paysages alpins et les paysages marécageux. À cela s'ajoutent des types à caractère agricole tels que les paysages de vergers, les paysages de prairies extensives et intensives, ainsi que les paysages agricoles présentant une grande diversité structurelle ou de modes d'exploitation à grande échelle. D'autres types sont les paysages à habitat dispersé, les paysages ruraux de villages et hameaux, les paysages bâtis périurbain, les paysages urbains ainsi que les paysages industriels, commerciaux, touristiques et d'infrastructures. Cette typologie permet une structuration plus fine et à la fois plus évolutive que les instruments existants et permet une mise en relation hiérarchique entre le niveau national et cantonal.

Un élément central du projet est l'intégration de la perception sociale via l'indicateur LABES 17. Celui-ci recense pour chaque commune les éléments du paysage que la population perçoit comme caractéristiques. Cette perception est superposée à la typologie physique identifiée sur la base des géodonnées. Il en résulte trois modèles centraux : (1) une forte concordance pour les paysages forestiers, les prairies et les paysages industriels ou commerciaux, (2) une divergence spatiale pour les paysages de transition tels que les marais et les paysages à habitat dispersé, où la cartographie basée sur des données biophysiques ne correspond pas à la perception sociale, et une perception sans correspondance physique, par exemple pour les éléments du paysage chargés de significations culturelles spécifiques. Ces divergences ne sont pas des problèmes méthodologiques, mais des conclusions essentielles, car elles montrent que le caractère d'un paysage est toujours construit socialement et ne peut être entièrement appréhendé par des données géographiques objectives.

La typologie a été testée dans les cantons de Zoug, Vaud et des Grisons. Ces régions pilotes couvrent différents contextes paysagers, sociaux et d'aménagement du territoire. Les tests prouvent la robustesse méthodologique, la précision spatiale, l'adaptabilité à différentes échelles et la valeur ajoutée en matière d'aménagement du territoire. La méthode fournit des résultats cohérents, est techniquement reproductible, permet une cartographie fine et complète et peut être combinée avec les instruments existants.

La typologie des caractères paysagers développée crée une base spatiale explicite sur laquelle le suivi, la planification, le contrôle et l'évaluation peuvent s'appuyer de manière cohérente. Concrètement, elle permet l'observation systématique des particularités du paysage au fil du temps, l'harmonisation des approches cantonales tout en préservant les spécificités régionales, la visualisation des perceptions sociales en tant que paramètre pertinent pour la planification et le

pilotage fondé sur des données probantes à tous les niveaux politiques. En outre, cette approche contribue à la gouvernance de la politique paysagère en intégrant des analyses fondées sur des données et des modèles d'interprétation sociaux dans un instrument commun.

Grâce à son approche à quatre piliers, le prototype se situe à l'intersection de la géoinformation, de l'aménagement du paysage, de la politique paysagère et des sciences sociales. Sur le plan méthodologique, il repose sur une approche de classification hybride qui combine l'analyse exploratoire des données et la classification fondée sur des règles. Sur le plan conceptuel, il ancre le caractère du paysage comme un phénomène multidimensionnel structuré sur les plans physique, social et institutionnel. Dans le contexte international, cette approche correspond à une nouvelle génération de typologies du paysage qui intègrent la perception sociale non pas comme une dimension complémentaire, mais comme une dimension à part entière.

La typologie des caractères paysagers crée une base scientifiquement fondée, techniquement solide et institutionnellement compatible pour une politique paysagère durable en Suisse. Elle permet de saisir systématiquement les particularités du paysage, de les représenter spatialement et de les gérer sur le plan politico-stratégique. Les applications pilotes montrent qu'une mise en œuvre nationale de la typologie des caractères paysagers développée est techniquement possible à différentes échelles. L'intégration de la perception sociale renforce la légitimité des décisions en matière de politique paysagère. La typologie contribue ainsi à une gouvernance fondée sur des données probantes du paysage suisse et crée une base solide pour une protection à long terme, une planification différenciée et un pilotage adaptatif dans un contexte fédéral.

1 Einleitung

Die Schweiz zeichnet sich durch eine Vielfalt an unterschiedlichen Landschaften aus, einzelne davon mit regional sehr typischer Ausprägung. Die Erhaltung und Förderung dieser Vielfalt und der regionalen Eigenheiten haben ein grosses Gewicht in der Landschaftspolitik. So hat das Landschaftskonzept Schweiz (BAFU 2020) zum Ziel, den regionalen Landschaftscharakter zu stärken und standortspezifische Landschaftsqualitäten zu sichern. Eine notwendige Grundlage dafür ist die Kenntnis davon, welche charakteristischen Landschaften in der Schweiz existieren, wo sie vorkommen, wie häufig oder selten sie sind. Diese Kenntnisse erhielt man am besten aufgrund einer schweizweiten räumlich expliziten Landschaftscharaktertypologie und einer darauf basierenden Langfristbeobachtung (Monitoring) der Schweizer Landschaftstypen.

Wir verstehen unter charakteristischen Landschaften solche, die heute in der Schweiz in mehr oder weniger ausgeprägter Form anzutreffen sind. Entsprechend sind Landschaftscharaktertypen als sogenannte «reine» Ausprägungen von bestimmten charakteristischen Landschaften zu verstehen, die in der Realität allerdings nicht immer klar zu erkennen sind. Jeder Landschaftscharaktertyp hat seine Eigenheiten und spezifischen Qualitäten; in ihrem Zusammenwirken bilden sie den Charakter der heute sichtbaren Landschaft.

1.1 Ausgangslage: Bestehende Landschaftstypologien in der Schweiz

Die Schweiz verfügt bereits über verschiedene Konzepte und räumliche Gliederungen zur Landschaftscharakterisierung. Die verschiedenen Ansätze werden im nachfolgenden kurz beschrieben und auf ihre Vor- und Nachteile hinsichtlich einer Landschaftscharaktertypologie beurteilt.

- **Landschaftskonzept Schweiz:** Das Landschaftskonzept Schweiz (BAFU 2020) definiert für alle Politikbereiche inhaltlich konkrete Ziele. Namentlich steht die Stärkung des regionalen Landschaftscharakters und die Sicherung standortspezifischer Landschaftsqualitäten im Vordergrund. Es werden sieben spezifische Landschaften definiert (zum Beispiel «Hauptsächlich landwirtschaftlich genutzte Landschaften») und Qualitätsziele dafür festgelegt, die Landschaften werden aber relativ generell betrachtet und sind grossflächig angelegt.
- **Landschaftstypologie der Schweiz:** Mit der Landschaftstypologie der Schweiz (ARE, BAFU und BFS 2011) liegt eine räumliche Gliederung der Schweiz vor, die auf zeitlich stabilen Variablen wie Relief, Klima und Topographie basiert. Ausserdem sind Moor-, See-, Fluss- und Siedlungslandschaften ausgewiesen. Die abgegrenzten Typen der Landschaftstypologie sind allerdings zu grob (ausser Moor-, See-, Siedlungs- und Flusslandschaften) und zu unspezifisch für eine Lokalisierung der charakteristischen Landschaften.
- **Agrarlandschaftstypen:** Die Agrarlandschaftstypen von Agroscope (Szerencsits et al. 2009) basieren auf der Landschaftstypologie der Schweiz und berücksichtigen die regional dominante Landnutzung oder Bodenbedeckung. Abgesehen davon, dass heute bessere Datengrundlagen für die Landnutzung bestehen, ist diese Abgrenzung insgesamt ziemlich grob und zu unspezifisch.
- **Biogeographische Regionen und OPAL-Subregionen:** Einen weiteren Ansatz zur Gliederung der Landschaft bilden die biogeographischen Regionen und OPAL-Subregionen (Operationalisierung Umweltziele Landwirtschaft, Biodiversität) (Walter et al. 2013). Sowohl die biogeographischen Regionen als auch die OPAL-Subregionen basieren auf der Verbreitung von Arten. Sie sind auf die Biodiversität ausgerichtet und nicht auf regionale Landschaftsqualitäten.
- **«Landscape Typologies» (Van Strien und Grêt-Regamey 2022):** Ein neuer, innovativer Ansatz für eine Landschaftstypologie von Van Strien und Grêt-Regamey (2022) verfolgt mittels Deep Learning und kontinuierlichen räumlichen Daten wie Satellitenbildern ebenfalls die Generierung einer Landschaftstypologie für die Schweiz. Mit dem rein statistischen Ansatz wurden 45 Landschaftsklassen unterschieden, gleichzeitig basiert der Ansatz auf einem sehr beschränkten Set an Input-Daten und decken nicht alle wichtigen Charakteristiken der Landschaften ab. Auch fehlt der Einbezug der gesellschaftlichen Wahrnehmung und Deutung der Landschaft durch die Bevölkerung, sowie die Sicht der Expert:innen.
- **Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz:** Der Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz (Rodewald et al. 2014), in der Folge kurz «SL-Katalog» oder

«Katalog der SL» genannt, beschreibt umfassend die charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz. Neben der Abgrenzung von Landschaften kann der Katalog dazu dienen, Landschaftsentwicklungsziele für einzelne Landschaftstypen zu entwickeln. Ähnlich dem Landschaftskonzept Schweiz fehlt ihm bisher jedoch eine räumlich explizite Verortung.

- **Kantonale Landschaftskonzeptionen:** Verschiedene Kantone waren oder sind dabei, vom Bund mit Finanzhilfen unterstützte Landschaftskonzeptionen zu erarbeiten. Dabei wird neben der Landschaftstypologie des Bundes (ARE, BAFU und BFS 2011) und anderen Grundlagen meist auch der Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz verwendet. Die kantonalen Landschaftskonzeptionen liegen in der Regel auch als Karten vor. Ein Nachteil dieser kantonalen Lösungen ist, dass zum einen nicht alle Kantone über eine solche Konzeption verfügen. Zum andern besteht bezüglich verwendeter Methoden und Umsetzung eine grosse Heterogenität zwischen den Kantonen. Für ein gesamtschweizerisches Instrument wäre eine einheitliche Abgrenzung wünschenswert.
- **Regionale Landschaftstypologien für Landschaftsqualitätsprojekte:** Zur Vorbereitung der durch das BLW geförderten Landschaftsqualitätsprojekte wurde für jedes Projekt eine regionale Landschaftstypologie erstellt, um Ziele und Massnahmen für die Landschaftsqualitätsprojekte zu definieren. Diese Typologien liegen laut BLW bei den Kantonen auch als Karten vor. Ähnlich wie bei den kantonalen Landschaftskonzeptionen stellt sich auch hier das Problem der Heterogenität der Typisierung der verschiedenen Projekte. Ausserdem ist zu erwarten, dass diese Typologien sehr detailliert sind, da sie lokal angewendet werden sollen.
- **LABES-Indikator 17 «Wahrgenommener Landschaftscharakter»:** Das Monitoring-Programm «Landschaftsbeobachtung Schweiz» (LABES) (Wartmann, Hunziker, und Kienast 2021) umfasst eine Reihe sozialer Indikatoren, welche im Rahmen einer Befragung die Wahrnehmung der Landschaft der Wohngemeinde der Teilnehmenden messen. Einer dieser Indikatoren – Indikator 17 «Wahrgenommener Landschaftscharakter» – ermittelt, welche Landschaftselemente die Teilnehmenden als charakteristisch für ihre Wohngemeinde erachten. Der Indikator allein genügt für die Abgrenzung der charakteristischen Landschaften nicht; einerseits aufgrund zu geringer räumlicher Auflösung auf Gemeindeebene, andererseits wegen einer zu wenig detaillierten Liste der verschiedenen Landschaftselemente.

1.2 Problemstellung

Obschon es in der Schweiz verschiedene Ansätze der Landschaftscharakterisierung gibt, eignet sich keiner der bestehenden Ansätze dafür, dem Anspruch der gesamtschweizerischen Evaluation der Erhaltung charakteristischer Landschaft zu genügen. Es fehlen ganzheitliche Ansätze, die (a) vorhandene Geodaten aller Art einbeziehen, (b) flächendeckend für die ganze Schweiz angewendet werden können, (c) klar abgegrenzt und damit räumlich explizit sind und (d) dem Begriff «Landschaftscharakter», der die Wahrnehmung und Deutung durch die Bevölkerung impliziert sowie den bereits erarbeiteten Expert:innen basierten Typisierungen entspricht, (e) einen genügenden räumlich-thematischen Detaillierungsgrad aufweist und (f) eine Skalierbarkeit/Hierarchisierung ermöglicht, sodass die Typologie national bis kantonal, allenfalls regional anwendbar ist.

1.3 Projektziele

Das Ziel des Projektes war es, einen Prototyp einer Landschaftscharaktertypologie zu erstellen, der prinzipiell auf die ganze Schweiz anwendbar ist und eine Grundlage für ein allfälliges Monitoring des Landschaftscharakters in der Schweiz darstellen könnte. Dazu sollte eine Methode zur Charakterisierung der Landschaften der Schweiz entwickelt werden, die auf schweizweiten Geodaten, Indikatoren zur wahrgenommenen Landschaftsqualität, bestehenden Typologien sowie Expert:innenwissen basiert. Auf dieser Grundlage wurde eine räumlich anwendbare Typologie der charakteristischen Landschaften der Schweiz erarbeitet und beschrieben. Die charakteristischen Landschaften der Typologie sollten zudem in Form einer Karte räumlich explizit abgrenzbar sein und in ihrem Detaillierungsgrad gesamtschweizerisch und auf kantonaler/regionaler Ebene gerecht werden.

Angestrebt wurde eine flächendeckende Karte der charakteristischen Landschaften für die Kantone Zug, Graubünden und Waadt (zur Auswahl der drei Kantone siehe Kap. 2.1). Die Methode sollte so entwickelt werden, dass sie potenziell auf die ganze Schweiz angewendet werden könnte. Entsprechend kamen nur

national verfügbare Daten sowie ein robustes und reproduzierbares Vorgehen in Frage. Die räumlich explizite Abgrenzung der einzelnen charakteristischen Landschaften der Schweiz hatte zudem das Ziel, ein Monitoring der charakteristischen Landschaften und deren langfristige Entwicklung zu ermöglichen. Im Rahmen dieses Projekts sollte deshalb anhand der Entwicklung eines Prototyps für repräsentative Kantone aufgezeigt werden, welche Schwierigkeiten, welcher Aufwand und welche Herausforderungen sich dabei ergeben könnten.

Mit der Entwicklung der Methode und des Prototyps einer schweizweit räumlich expliziten Landschaftscharaktertypologie sollte entsprechend auch getestet werden, wie dieser Prototyp als Grundlage zur Überprüfung des LKS-Ziels der Stärkung des regionalen Landschaftscharakters (siehe Kap. 1) sowie für die Weiterentwicklung von LABES (insbesondere Weiterentwicklung Indikator 17 «wahrgenommener Landschaftscharakter» und landschaftsspezifische Evaluierung der LKS-Ziele) dienen kann. Auch eine Verwendung im Rahmen der Umweltziele Landwirtschaft könnte getestet werden, stand aber nicht im Fokus dieses Projektes.

1.4 Projektdesign

Das Projektdesign basiert auf einem integrativen Ansatz, der *vier zentrale Säulen* miteinander verknüpft (Abb. 1). So werden zum einen mittels GIS-Analysen charakteristische Landschaften der Schweiz basierend auf schweizweit verfügbaren und umfassenden Geodaten räumlich explizit abgegrenzt. Dabei wird v.a. der Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz einbezogen, der auf Expert:innenwissen beruht und sich von den in Kap. 1.1. beschriebene Typologien am besten für unser Projekt eignet, weil er (a) eine tatsächliche Landschaftscharaktertypologie darstellt, (b) Beschreibungen der Typen enthält, die sich für die Entwicklung einer breiter abgestützten Typologie verwenden lassen, (c) bereits sehr oft angewendet wird, insbesondere im Rahmen der Entwicklung kantonaler Landschaftskonzeptionen und nicht zuletzt (d) der vorhandenen Expertise im Rahmen des Projektteams am besten entspricht. Ebenfalls eine wichtige Grundlage ist dabei die Landschaftstypologie Schweiz (ARE, BAFU und BFS 2011), welche in der Schweiz flächendeckend vorliegt und daher mit den anderen Geodaten einbezogen werden kann.

Zudem wird der Landschaftscharakter aus der Perspektive der Wohnbevölkerung durch den Einbezug des LABES-Indikators 17 «Wahrgenommener Landschaftscharakter» berücksichtigt. Schliesslich wird lokales Wissen einbezogen, indem Vertreterinnen und Vertreter der Kantone sowie bestehende kantonale Landschaftskonzeptionen in den Validierungsprozess eingebunden werden.

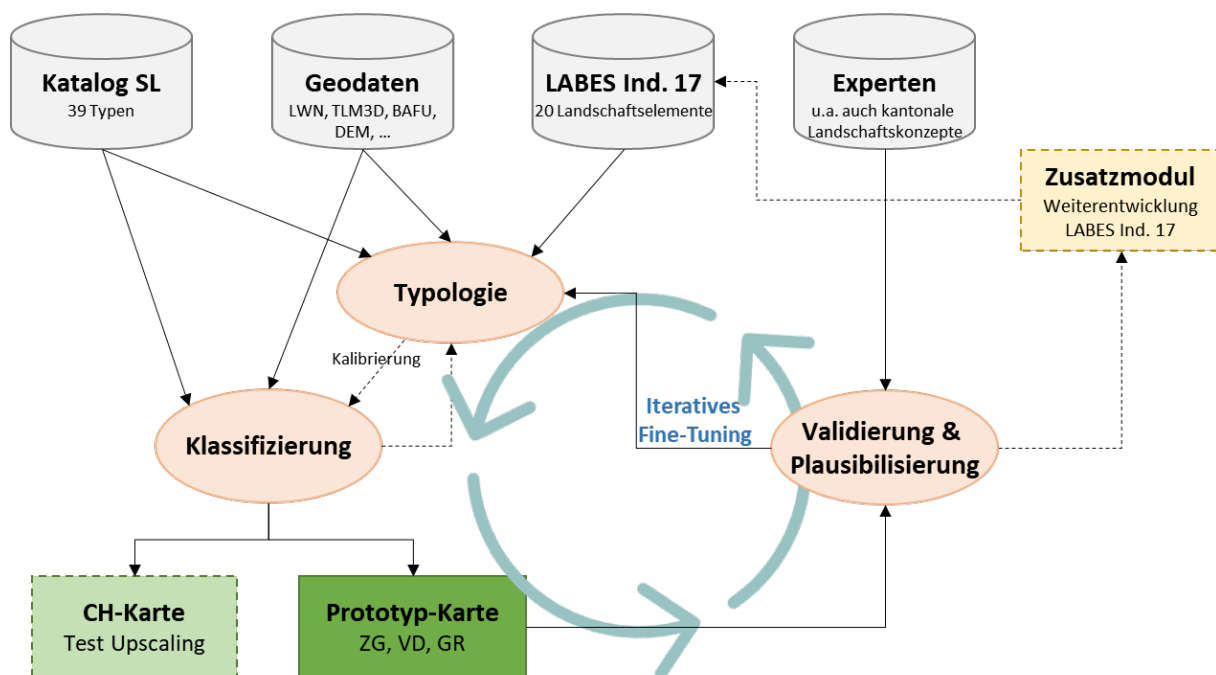


Abb. 1. Konzeptionelles Vier-Säulen-Modell der Methodenentwicklung.

2 Entwicklung einer Methode für eine umfassende Landschaftscharaktertypologie

2.1 Auswahl des Testgebiets

Die drei Kantone Zug, Waadt und Graubünden wurden ausgewählt, weil sie folgende Kriterien aufwiesen:

- (a) Die drei Kantone sind einigermaßen repräsentativ für drei bio-geographischen Regionen der Schweiz: Mittelland (ZG und VD), Jura (VD) und Voralpen und östliche Zentralalpen (GR). Dabei fehlen allerdings die westlichen Zentralalpen mit ihrer stärkeren hochalpinen Prägung als GR und insbesondere der die Alpensüdflanke. Diese wären bei einem allfälligen Folgeprojekt nochmals eingehend zu explorieren.
- (b) Bei allen drei Kantonen bestand aus LABES2 eine intensive Zusammenarbeit, auf der aufgebaut werden konnte. Dazu gehört insbesondere die Verfügbarkeit einer je grossen Stichprobe (Oversampling) der LABES2-Befragung, welche hier verwendet werden konnten.
- (c) Der Kanton Zug arbeitete im Rahmen der Entwicklung seiner Landschaftskonzeption bereits intensiv mit dem Katalog der SL, welcher ein Basis der Arbeiten in diesem Projekt darstellt. Entsprechend wurde unsere Typologie anhand der Daten aus Zug aufgebaut und an den Kantonen Waadt und Graubünden getestet und weiterentwickelt.

2.2 Datenbeschreibung und -aufbereitung

Im Rahmen dieses Projektes wurden primär drei unterschiedliche Datengrundlagen, entsprechend den Säulen 1-3 in Abb. 1, verwendet:

1. Der räumlich nicht explizite *Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz* der Stiftung Landschaftsschutz Schweiz (SL-Katalog)
2. *Geodaten* zur Beschreibung der Topografie, Bodenbedeckung, Landnutzung und charakteristischer Landschaftselemente
3. *LABES-Daten (Indikator 17) über den wahrgenommenen Landschaftscharakter* aus Sicht der Bevölkerung (in der Folge kurz «Labes-Indikator 17»)

Die Aufbereitung der Daten erfolgte in kontinuierlicher gegenseitiger Abstimmung, basierend auf den vorhandenen Datengrundlagen.

2.2.1 Der Katalog der SL und dessen Aufbereitung

Der Katalog der SL und die prägnante Erfassung und Beschreibung der vielfältigen Landschaftstypen der Schweiz diente als Grundlage für eine erste Bewertung der Machbarkeit einer GIS-gestützten Klassifizierung. Er ermöglichte eine Einschätzung sowohl zu vorhandenen als auch zu fehlenden und noch zu generierende räumliche Daten. Im Mittelpunkt standen dabei sichtbare räumliche Merkmale sowie charakteristische landschaftliche Elemente, die helfen, in einem ersten Schritt zu entscheiden, welche Landschaftscharaktertypen basierend auf Machbarkeit und Aufwand potenziell ausgewiesen oder ausgeschlossen werden könnten. Auf Basis dieser Analyse wurde der SL-Katalog in einem iterativen Prozess hinsichtlich einer räumlich anwendbaren Landschaftscharaktertypologie für den Kanton Zug weiterentwickelt (siehe Tab. 5 und 10). Eine wichtige Herausforderung in diesem Zusammenhang war, eine Balance zwischen Machbarkeit (im Sinne einer GIS-gestützten Klassifizierung) und Prägnanz (im Sinne der möglichst präzisen Erfassung der unterschiedlichen Landschaftscharaktertypen) zu finden.

Als Grundlage für die GIS-basierte räumliche Aufbereitung der Typologie wurde die Landschaftscharaktertypen des SL-Katalogs hinsichtlich ihrer charakterlichen Ähnlichkeit und räumlichen Koexistenz beurteilt. Diese Beurteilungen erfolgten expert:innenbasiert und wurden insbesondere dazu genutzt, für sehr ähnliche oder räumlich potenziell überlappende Typen gezielt nach geeigneten Geodaten zu suchen und ihre Beschreibungen zu präzisieren, um eine bessere Differenzierung zu ermöglichen. Ebenfalls wurden Referenzhektaren für die Typen des Katalogs der SL identifiziert und dienten bei der Typologie-Entwicklung als Orientierungshilfe und konkrete Beispiele.

Ähnlichkeitsmatrix

Die Ähnlichkeitsmatrix widerspiegelt, inwiefern sich Landschaftscharaktertypen ähnlich/gleich zueinander verhalten. Grosse Ähnlichkeiten zeichneten sich innerhalb der verschiedenen Texturen des Katalogs ab. So weisen Waldlandschaften und Waldweidelandschaften eine hohe Ähnlichkeit auf, bildet doch der Baumbestand das charakteristische Merkmal innerhalb der Waldtextur. Anhand von Abb. 2 wird beispielhaft die Gegenüberstellung von verschiedenen Landschaftscharaktertypen aus verschiedenen Texturen illustriert. So wurde die Ähnlichkeit zwischen Terrassen- und Reblandschaften als hoch eingestuft. Es kommt also häufig vor, dass Rebflächen terrassiert sind und dadurch charakteristische Elemente beider Landschaftscharaktertypen in beiden Typen vorkommen. Entsprechend ähnlich können sich die beiden Typen sein.

		Agrartextur									
		Obstwiesenlandschaften	Reblandschaften	Heckenlandschaften	Alplandschaften	Wildheulandschaften	Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland Muster	Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt	Intensive Grünlandlandschaften	Meliorationsgeprägte Agrarlandschaften	Periurbane Agrarlandschaften
Patrimoine- textur	Historische Kulturlandschaft von baukulturellem Wert										
	Terrassenlandschaften										
	Wiesenwässerungslandschaften										
	Hangberieselungslandschaften										
	Alleenlandschaften										
	Maiensässlandschaften										
	Sakrallandschaften										
	Historische Verkehrsinfrastrukturlandschaften										
	Campagna										

Abb. 2. Gegenüberstellung der Patrimoine- und Agrartextur zur Beurteilung der Ähnlichkeit der verschiedenen Landschaftscharaktertypen (Legende: dunkelgrün: sehr ähnlich; hellgrün: ähnlich; gelb: Ähnlichkeit möglich/unklar; hellrot: unterschiedlich; dunkelrot: sehr unterschiedlich). Für die komplette Tabelle siehe Tab. 13 im Anhang.

Koexistenzmatrix

Die Koexistenzmatrix widerspiegelt, inwiefern zwei oder mehrere Landschaftscharaktertypen innerhalb derselben Hektare, also am gleichen Ort, vorkommen können. Diese expert:innenbasierte Beurteilung zeigt, dass insbesondere Landschaftscharaktertypen derselben Textur eine hohe Wahrscheinlichkeit der Koexistenz aufweisen. So liegt der Hauptunterschied einer Waldlandschaft und einer Waldweidelandschaft in der Dichte der Bestockung. Während eine Waldlandschaft eine dichte Bestockung aufweist, charakterisiert sich die Waldweidelandschaft über einen lichtereren Baumbestand. Dieser Gradient der Bestockung ist in der Landschaft jedoch fließend, wodurch die Koexistenz der beiden Landschaftscharaktertypen als hoch eingestuft werden kann. Abb. 3 zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit der Koexistenz zwischen Wald-, Wytweide- und Selvenlandschaften als hoch eingestuft werden kann. Für alle drei Landschaftstypen ist das Vorhandensein von Bäumen entscheidend. Unterscheiden kann man die Typen lediglich über die Baumartenzusammensetzung und die Dichte.

		Waldtextur			
		Waldlandschaften	Wytweidelandschaften / Waldweidelandschaften	Selvenlandschaften	Sekundärwildnislandschaften
Waldtextur	Waldlandschaften				
	Wytweidelandschaften / Waldweidelandschaften				
	Selvenlandschaften				
	Sekundärwildnislandschaften				

Abb. 3. Wahrscheinlichkeit der Koexistenz verschiedener Landschaftscharaktertypen innerhalb derselben Textur, basierend auf einer Expert:innen-Beurteilung (Legende: dunkelgrün: sehr hoch; hellgrün: hoch; gelb: Koexistenz möglich/unklar; hellrot: gering; dunkelrot: sehr gering; in obiger Tabelle nicht alle vorkommend). Für die komplette Tabelle siehe Tab. 14 im Anhang.

Es können aber auch Landschaftscharaktertypen mit unterschiedlichen Texturen eine hohe Koexistenz aufweisen, zum Beispiel Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster (Agrartextur) und Waldlandschaften (Waldtextur).

Referenzhektaren

Da sich Landschaften aus unterschiedlichen Gründen verändern und entwickeln, kommt es oft vor, dass sich eine Landschaft in einer Transformation von einem Landschaftscharaktertyp hin zu einem anderen befindet oder als Mischtyp beurteilt werden kann. Jedoch gibt es auch Landschaften, die eindeutig einem Typen zugewiesen werden können und dadurch eine wichtige Grundlage zur Identifikation eines Landschaftscharaktertyps und seiner Merkmale bilden. Solche eindeutig einem Typen zugehörigen Landschaften können als Referenzlandschaften für den entsprechenden Typ bezeichnet werden. Für unsere Arbeit wurden solche Referenzlandschaften in der Grösse von einem oder mehreren Hektaren expert:innenbasiert ausgewiesen (siehe Abb. 4). Die Darstellung von räumlich expliziten Referenzlandschaften förderte das gemeinsame visuelle Verständnis bestimmter Landschaftscharaktertypen, das Ableiten von Regeln für die Klassifizierung und die Validierung der generierten Kartenprodukte.



Abb. 4. Beispiele für Referenzhektaren: Terrassenlandschaft, Lauvaux VD; Historische Kulturlandschaft von baukulturellem Wert, Valle di Muggio TI; Meliorationsgeprägte Agrarlandschaft, Berner Seeland BE; Streusiedlungslandschaft, Appenzellerland AI (von oben links nach unten rechts). (Orthofoto: © swisstopo, 2024).

Ein wichtiges Ergebnis der Analyse der Ähnlichkeits- und Koexistenzmatrizen ist, dass die Texturen des Katalogs der SL zu wenig differenziert sind, beinhalten doch einige Landschaften beispielsweise sowohl Flächen oder Elemente der Agrartextur als auch der Waldtextur. Als Konsequenz wurden neue Mischtexturen gebildet, womit die Landschaften aussagekräftiger zugeteilt werden konnten als aufgrund des Original SL-Katalogs (siehe Kap. 3.2).

2.2.2 Verwendete Geodaten und deren Aufbereitung

Um dem Anspruch der Entwicklung einer schweizweit räumlich anwendbaren Typologie gerecht zu werden, wurden ausschliesslich Geodaten verwendet, die für die gesamte Schweiz zur Verfügung stehen. Zudem kamen nur frei zugängliche Datensätze in Frage, die mit einer hohen Wahrscheinlichkeit nachgeführt werden, um potenziell auch ein Monitoring mit regelmässiger Aktualisierung zu ermöglichen.

In einem iterativen Vorgehen wurden basierend auf im Projektteam vorhandenem Fachwissen, dem Katalog der SL sowie internen Workshops alle für dieses Projekt relevanten Geodaten identifiziert. Das Ziel dabei

war, eine möglichst umfassende Abdeckung potenziell relevanter Landschaftsmerkmale. Im Verlaufe des Projektes kamen neue Datensätze dazu, da sich auch unsere Typologie weiterentwickelte und zusätzliche Charakteristika für die Abgrenzung bestimmter Typen erforderlich waren. Die wichtigsten verwendeten Datensätze sind das topografische Landschaftsmodell swissTLM3D, Informationen zu landwirtschaftlichen Nutzungsflächen und diverse weitere spezifische Datensätze. Einige dieser Daten wurden noch nicht verwendet, sind aber potenziell relevant, insbesondere für die Anwendung der Methode auf andere Kantone und zusätzliche Landschaftscharaktertypen. Eine vollständige Übersicht der verwendeten und potenziell relevanter Geodaten findet sich in Tab. 1.

Tab. 1. Liste und Beschreibung der verwendeten und potenziell (in grau und kursiv) relevanten Geodaten.

Datensatz	Beschreibung	Format	Herkunft	Update
swissTLM3D	Topografisches Landschaftsmodell der Schweiz	Vektor; Linie, Polygon, Punkt	swisstopo	Jährlich
swissALTIRegio	Digitales Höhenmodell der Schweiz	Raster; 10m	swisstopo	Jährlich
swissBOUNDARIES3D	Administrativen Einheiten der Schweiz	Vektor; Linie, Polygon	swisstopo	Laufend
swissSURFACE3D Raster	Digitales Oberflächenmodell (DOM)	Raster; 0.5m	swisstopo	Keine Vorgehen
LWN	Landwirtschaftliche Nutzungsflächen	Vektor; Polygon	BLW, Kantone	Jährlich
GWR	Eidg. Gebäude- und Wohnungsregister	Vektor; Punkt	BFS	Jährlich
STATENT	Statistik der Unternehmensstruktur, Beschäftigte und Arbeitsstätten	CSV; Hektar	BFS	Jährlich
STATPOP	Statistik der Bevölkerung und Haushalte	CSV; Hektar	BFS	Jährlich
Bundesinventare Biodiversität	Biotope von nationaler Bedeutung	Vektor; Polygon	BAFU	Sporadisch
Lebensraumkarte	Schweizer Lebensräume gemäss der TypoCH-Klassifikation	Vektor; Polygon	BAFU	Sporadisch
Oberflächengewässer	Oberflächengewässer, Ökomorphologie	Vektor; Polygon	BAFU	Sporadisch
KGS	Kulturgüterschutzinventar mit Objekten von nationaler und regionaler Bedeutung	Vektor; Polygon, Punkt	BABS	Sporadisch
<i>GeoCover</i>	<i>Geologische Modelle des oberflächennahen Bereiches des geologischen Untergrunds</i>	<i>Vektor; Polygon</i>	<i>swisstopo</i>	<i>Sporadisch</i>
<i>IVS</i>	<i>Bundesinventar der historischen Verkehrswege der Schweiz</i>	<i>Vektor; Linie</i>	<i>ASTRA</i>	<i>Sporadisch</i>
<i>Flugplätze und Heliports</i>	<i>Zivile und militärische Flugplätze</i>	<i>Vektor; Punkt</i>	<i>BAZL</i>	<i>Sporadisch</i>
Bauzonen	Bauzonen Schweiz (harmonisiert)	Vektor; Polygon	ARE	Sporadisch
ISOS	Bundesinventar der schützenswerten Ortsbilder der Schweiz von nationaler Bedeutung	Vektor; Punkt	BAK	Sporadisch
<i>SL-Terrasseninventar</i>	<i>SL-Terrasseninventar</i>	<i>Vektor; Polygon</i>	<i>SL</i>	<i>Keine Vorgehen</i>
Siedlung	Besiedelten Landschaft aus Sicht der Raumentwicklung	Vektor; Polygon	ARE	Jährlich
<i>Windenergieanlagen</i>	<i>Windenergieanlagen</i>	<i>Vektor; Punkt</i>	<i>BFE</i>	<i>Sporadisch</i>
<i>Photovoltaik</i>	<i>Photovoltaik Grossanlagen in der Schweiz</i>	<i>Vektor; Punkt</i>	<i>BFE</i>	<i>Sporadisch</i>
Landschaftstypologie	Landschaftstypologie Schweiz	Vektor; Polygon	ARE	Keine Vorgehen
Wohngebiete nach AULAV	Wohngebiete nach Aussenlandeverordnung	Vektor; Polygon	BAZL	Jährlich
<i>Gemeindetypen</i>	<i>Gemeindetypen</i>	<i>Vektor; Polygon</i>	<i>ARE</i>	<i>Sporadisch</i>
Vegetationshöhenmodell LFI	Vegetationshöhen	Raster; 1m	BAFU	Alle 3 Jahre
Waldmischungsgrad LFI	Laub- Nadelgehölzanteil	Raster; 10m	BAFU	Alle 3-5 Jahre

Für die nachfolgende Klassifizierung wurden aus den in Tab. 3 beschriebenen Geodaten diverse Variablen abgeleitet und in ein regelmässiges Raster mit einer Zellengrösse von einer Hektare (100 m × 100 m) umgerechnet. Die Wahl der Zellengrösse basiert auf Erkenntnissen aus anderen Projekten und um Synergien mit existierenden Monitoring-Programmen (z. B. Arealstatistik, Wirkungskontrolle Biotopschutz Schweiz WBS) zu nutzen. Eine Hektarzelle stellt zudem in den meisten Fällen eine geeignete minimale Grundeinheit von Landschaften dar und ermöglicht einen robusten und effizienten Umgang mit diversen Datentypen wie

Flächen, Linien, Punkten und Rasterdaten. Die Hektarzellen wurden so angeordnet, dass ihr Zentrum mit den Stichprobenpunkten der Arealstatistik übereinstimmt. Die statistischen Daten zur Wirtschafts- und Bevölkerungsstruktur (STATENT, STATPOP) sind ebenfalls pro Hektar verfügbar. Da sich deren Zentren jedoch um 50 m verschoben auf den Eckpunkten unserer Hektarzellen befinden, ist eine eindeutige Zuordnung nicht möglich und es muss für diese Daten eine räumliche Ungenauigkeit in Kauf genommen werden.

Für jede Hektarzelle wurden statistische Kennzahlen aus den aufbereiteten Geodaten berechnet (z. B. Siedlungsfläche, Anzahl Einzelbäume, Waldrandlänge) und mit Nachbarschaftsanalysen (z. B. Entfernung zur nächsten Strasse) ergänzt. Ein Beispiel findet sich in Abb. 5. Insgesamt wurden 153 Variablen berechnet. Dieser umfassende und vielfältige Datensatz soll sowohl die Kartierung häufiger als auch regionalspezifischer und seltener Landschaften ermöglichen. Da die verwendeten Variablen aus verschiedenen Quellen stammen, in unterschiedlichen Formaten vorliegen und teilweise erhebliche Vorverarbeitung benötigten, war die Aufbereitung dieser Variablen mit erheblichem Zeitaufwand verbunden. Dieser Aufwand ist jedoch gerechtfertigt, um dem im Rahmen dieses Projektes angestrebten hohen räumlich-thematischen Detaillierungsgrad gerecht zu werden und bestehende Typologien in dieser Hinsicht zu übertreffen. Die Daten wurden und können zukünftig vollautomatisch, reproduzierbar und für die gesamte Schweiz aufbereitet werden. Zu diesem Zweck wurde eine Verarbeitungskette mithilfe der freien Programmiersprache R implementiert. Die vollständige Liste der verwendeten und berechneten Variablen mit einer kurzen Beschreibung und ihren jeweiligen Quellen ist im Anhang 6.2 zu finden.



Abb. 5. Anzahl Einzelbäume (Quelle: swissTLM3D) ausserhalb des Waldes pro Hektare für einen Ausschnitt im Kanton Zug als Beispiel einer Inputvariable.

2.2.3 LABES Indikator 17: Wahrgenommener Landschaftscharakter

Als Datengrundlage des gesellschaftlich wahrgenommenen Landschaftscharakters als dritte Säule in der Typologie-Entwicklung dient der LABES-Indikator 17 «wahrgenommener Landschaftscharakter». Dieser wurde erstmals in LABES2 eingeführt und befasst sich mit der Charakterisierung der Landschaft aus Sicht der Bevölkerung. So wurden wahrgenommene charakteristische Landschaftselemente wie Flüsse, Seen, Wälder, Wiesen, Hochspannungsmasten, Hochhäuser, Naturschutzgebiete oder Flugplatz erfragt. Die Erfassung solcher Landschaftselemente anhand standardisierter Befragung trägt dazu bei, die Landschaft aus der Sicht der Bevölkerung darzustellen.

Für LABES2 wurden Kategorien von Landschaftselementen aus Studien zu Landschaftskategorien in der Schweiz ausgewählt und in die LABES-Umfrage integriert (Wartmann et al. 2015; Wartmann und Purves 2018). Zudem wurde die Auswahl an Landschaftselementen mit Elementen aus der Umfrage zu Rauman- sprüchen und Gesellschaft (Ströbele und Hunziker 2017) und der Umfrage zu Landschaftswahrnehmung in

Glarus Süd ergänzt (Meier und Bucher 2010). Gerade im Hinblick auf zukünftige Landschaftsveränderungen wurden auch die Kategorien «Windenergieanlagen» und «Solarenergieanlagen» hinzugefügt.

Eine Pilotbefragung im Rahmen des Projekts «Methodische und Konzeptionelle Weiterentwicklung des Programms Landschaftsbeobachtung Schweiz LABES 2018–2020» zeigte, dass eine direkte Befragung der Bevölkerung zur Charakterisierung der Landschaft in der Wohngemeinde möglich ist. Anhand der empirischen Resultate aus einer offenen Frage in dieser Pilotstudie wurden der Auswahl an Landschaftselementen die weiteren häufig genannten Kategorien für die Hauptbefragung hinzugefügt: «Flugplatz», «Hochhäuser», «Wohngebiete», «Streusiedlungen», «Burg/Schloss». Folglich stellte der LABES-Indikator 17 2020 insgesamt eine Liste von 20 Landschaftselementen dar, die eine Zuordnung zu unterschiedlichen Landschaftscharaktertypen ermöglichte (Tab. 2).

Tab. 2. Frage zum wahrgenommenen Landschaftscharakter des Indikator 17 mit 20 auszuwählenden Landschaftselementen in LABES 2 (2020). Die Frage konnte mit «ja» oder «nein» beantwortet werden.

Konzept	Frage	Einzelaussagen
Wahrgenommener Landschaftscharakter	Land- Welche Landschaftselemente sind typisch für die Landschaft Ihrer Wohngemeinde?	- Bäche oder Flüsse - Seen oder Weiher - Parks und öffentliche Grünanlagen - Wiesen, Äcker und Felder - Wald - Industrie- und Gewerbeanlagen - Rebberge - Historischer Dorf-/Stadtkern - Berge und Täler - Hochspannungsmasten - Windenergieanlagen - Solarenergieanlagen - Moore - Bauernhöfe und Ställe - Burg/Schloss - Streusiedlungen - Flugplatz - Hochhäuser - Wohnquartiere - Keine Angabe

Im Rahmen der LABES-Umfrage 2020 mit einer bevölkerungsrepräsentativen Stichprobe von 2093 Personen gab die Bevölkerung an, welche dieser 20 Landschaftselemente als typisch für die Landschaft Ihrer Wohngemeinde betrachtet werden. Die Befragten sollten die wahrgenommene Landschaftselemente in ihrem gesamten Gemeindegebiet bewerten, wobei die Frage mit «ja» oder «nein» beantwortet werden konnte. Alle Landschaftselemente durften in der Befragung beliebig oft gewählt werden. Die Daten zum wahrgenommenen Landschaftscharakter einer Landschaft liegen räumlich auf Gemeindeebene vor.

2.3 Entwicklung einer räumlich anwendbaren Typologie

Die Entwicklung einer räumlich anwendbaren Landschaftscharaktertypologie erfolgte iterativ und umfasst folgende Komponenten: 1) Implementierung einer Webapplikation als Hilfsmittel der Typologie-Entwicklung, 2) explorative Phase mit unüberwachter und somit datenbasierter Klassifikation (Bottom-up), 3) Entwicklung eines mehrstufigen Systems zur Definition der Landschaftscharaktertypen, 4) regelbasierte Klassifikation auf Basis der Definitionen aus Phase 3 zur räumlich expliziten Ausweisung von Landschaften, die den vordefinierten Landschaftscharaktertypen zugehören (top-down) und 5) der Integration des von der Bevölkerung wahrgenommenen Landschaftscharakters (LABES-Indikator 17).

2.3.1 Interaktive Webapplikation zur Unterstützung der Typologie-Entwicklung

Für eine effiziente und automatisierte Erkundung der berechneten Variablen und Klassifizierungen wurde eine Webapplikation entwickelt (R-Package «Shiny», bis Ende 2026 verfügbar auf https://cecnyf.shinyapps.io/LCT_ZG/). Mit dieser App können eine Karte der berechneten Variablen für das jeweilige Untersuchungsgebiet und entsprechende Histogramme angezeigt werden (siehe Abb. 6). Die Webapplikation ermöglicht zudem, interaktiv Schwellenwerte (z. B. $\geq 50\%$ Siedlungsfläche) festzulegen, um sich auf spezifische Wertebereiche zu konzentrieren und deren räumliche Verteilung auf der Karte zu untersuchen. Auch die klassifizierten Landschaftstypen können dargestellt und verschiedene Varianten diskutiert werden. Damit bietet die App einen einfachen Zugang für alle Projektbeteiligten und unterstützte die Diskussion von Zwischenresultaten und die Weiterentwicklung der Typologie. Besonders nützlich zeigte sie sich für die Identifizierung von Schwellenwerten, die später für die regelbasierte Klassifizierung benötigt wurden.

LCHAR Prototype

Achtung: Dieses Tool ist nur für die interne und explorative Verwendung gedacht und stellt lediglich einen ersten Entwurf dar.

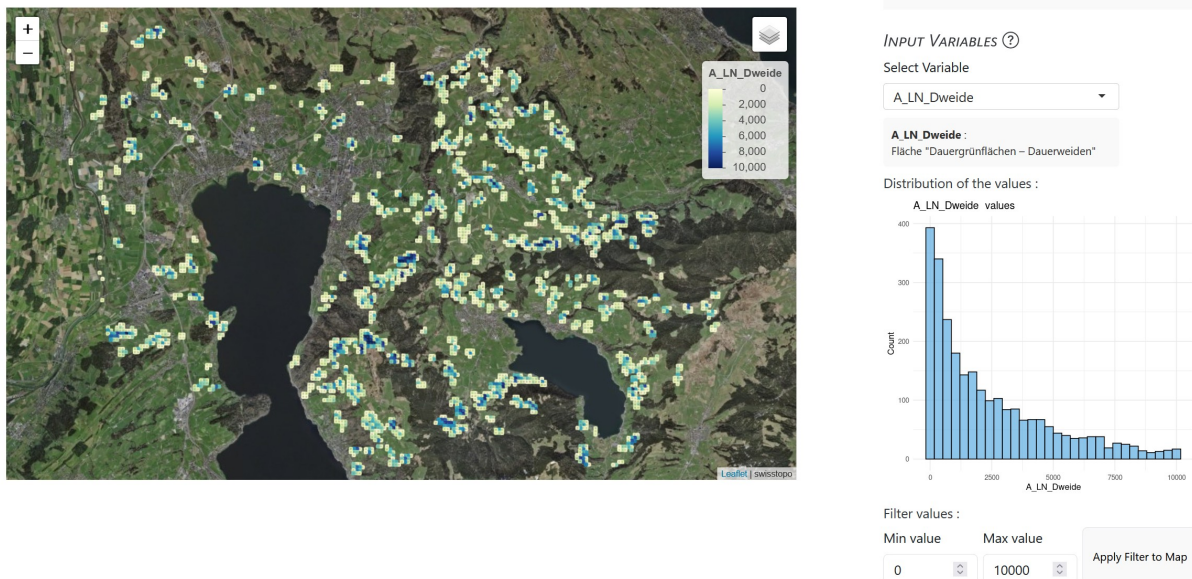


Abb. 6. Interaktive Webapplikation zur Visualisierung von Inputdaten und Zwischenresultaten.

2.3.2 Unüberwachte Klassifikation

Für die unüberwachte Klassifikation wurde ein k-Means-Algorithmus verwendet, ein Verfahren, um Objekte basierend auf deren Ähnlichkeiten in eine vordefinierte Anzahl Zielklassen (k) einzuordnen. Die Objekte waren in unserem Fall die Hektarzellen, und die Zielklassen (k) die potenziellen Landschaftscharaktertypen. Dieses Verfahren erlaubte uns, ohne eine vorgängige Definition von Landschaftscharaktertypen, die räumlichen Datenstrukturen zu untersuchen. In dieser Phase wurden die Variablen deshalb nur minimal vorselektiert ($r \leq |0.9|$). Verschiedene Karten mit unterschiedlicher Anzahl Zielklassen wurden erarbeitet, projektintern und -extern (siehe Kap. 2.4 und 3.4.1, Arbeitstreffen mit dem Kanton ZG) diskutiert. Die minimale Anzahl Zielklassen für Zug orientierte sich an den Haupttexturen ($k=5$) und wurde schrittweise erhöht, um sowohl die erwarteten ($k=13$; orientierte sich an der kantonalen Typologie) wie auch die potenziell möglichen Landschaften ($k=39$; orientierte sich am Katalog der SL) abbilden zu können. Zusätzlich wurden Versuche durchgeführt, um die unüberwachte Klassifikation auf vorgängig definierte Haupttexturen einzuschränken. Der Beitrag der einzelnen Variablen für die Bildung der Cluster wurde ebenfalls ermittelt und als Heatmap visualisiert (siehe Anhang 6.4).

2.3.3 Mehrstufiges System zur Definition von Landschaftscharaktertypen

Basierend auf den Erfahrungen der unüberwachten Klassifikation wurde erkannt, dass für die Entwicklung eines Landschaftscharaktertyps verschiedene Charakteristika wie Topografie, dominierende Fläche und/oder prägende Struktur entscheidend sind. Daraus wurde ein mehrstufiges System entwickelt, woraus

spezifische Regeln zur Annäherung an die verschiedenen Landschaftscharaktertypen abgeleitet werden konnten (siehe Tab. 3). Ein Beispiel dazu findet sich in Tab. 4. Die vollständige Liste der Typen für den Kanton Zug wird im Kap. 3.2 vorgestellt.

Tab. 3. Mehrstufiges System zur strukturierten Definition der Landschaftscharaktertypen

Level-1: Geomorphologie	Topografische Grundeinheiten gemäss Landschaftstypologie Schweiz: Ebene, Plateau, Tal/Becken, Hügel, Berg, Gebirge (ARE, BAFU und BFS 2011)
Level-2a: Dominierende Fläche	Unterteilung in Agrar-, Siedlungs-, Wald- sowie Restflächen bestehend aus Gewässern, Gletscher und Firn (BFS 2022)
Level-2b: Bodenbedeckung und LN	Beispiele: Nutz- und Schutzwald, Grünland (Wiesen und Weiden), Ackerflächen, Sömmerungsflächen, Rebbau, Feuchtgebiete und Moore, Wasser (See, Fluss), Industrie, Wohnen, Gewerbe
Level-3: Prägende Strukturen und Charakteristika	Beispiele: Obstbäume, Alpgebäude, Hecken, Baumgruppen, parzellenscharfe, schematische Feldeinteilung, niedrige Oberflächenrauigkeit, Einzelhöfe, Verkehr, touristische Bahnen, Infrastruktur, inventarisierte Bauten (basierend auf Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften [Rodewald et al. 2014])
Level-4: Wahrnehmung (LABES-Indikator 17)	Landschaftselemente, welche durch die Bevölkerung als charakteristisch oder uncharakteristisch für die Landschaft ihrer Wohngemeinde wahrgenommen werden. Beispiele für abgefragte Landschaftselemente: Wald, Wiesen und Weiden, Moore, Streusiedlung, öffentliche Pärke und Grünanlagen.

Tab. 4. Beispiel der strukturierten Definition anhand der extensiven Grünlandlandschaft des Kantons Zug

Level-1: Geomorphologie	Dieser Landschaftscharaktertyp kann in Ebenen (1), Plateaus (2), Tal/Becken (3), Hügel (4) und Bergen (5), jedoch NICHT im Gebirge (6) vorkommen.
Level-2a: Dominierende Fläche	Dieser Typ kommt ausschliesslich auf Agrarflächen vor.
Level-2b: Bodenbedeckung und LN	Die dominierende Bodenbedeckung sind Wiesen und Weiden.
Level-3: Prägende Strukturen und Charakteristika	Weitere Charakteristika des Landschaftscharaktertyps aufgrund der extensiven Bewirtschaftung können Hecken, Einzelbäume, aber auch Baumgruppen und -reihen sein.
Level-4: Wahrnehmung (LABES-Indikator 17)	In LABES2 befragtes Landschaftselement «Wiesen, Äcker und Felder».

2.3.4 Regelbasierte Klassifikation

Basierend auf den Erkenntnissen aus der unüberwachten Klassifikation und der strukturierten Beschreibung der Typen wurde eine regelbasierte Klassifikation entwickelt. Dieser Ansatz verspricht die vier Säulen, bestehend aus Geodaten, Wahrnehmung der Bevölkerung, bestehenden Typologien und Fachwissen, besser integrieren zu können als die unüberwachte Klassifikation. Die Stärken der regelbasierten Klassifikation liegen zudem bei der Nachvollziehbarkeit, Reproduzierbarkeit und Übertragbarkeit auf andere Kantone oder die gesamte Schweiz. Die Regeln wurden in erster Linie für den Kanton Zug entwickelt, aber in einem ersten

Test auch in den Kantonen Graubünden und Waadt hinsichtlich einer möglichen Übertragbarkeit angewendet.

Die Entwicklung der Regeln stützte sich auf die Beschreibung der Landschaftscharaktertypen gemäss mehrstufigem System (siehe Kap. 2.3.3). Diese Beschreibungen wiederum bauen auf den Erkenntnissen aus der Aufbereitung des Katalogs der SL und der unüberwachten Klassifikation auf. Für die beschriebenen Charakteristika wurden entsprechende aus den Geodaten abgeleitete Variablen identifiziert, welche eine sinnvolle Abgrenzung dieser Landschaften ermöglichen könnten. Dieses erste Variante, wie eine Landschaft räumlich abgegrenzt werden könnte, wurde durch die Auswahl von Schwellenwerten pro Variable präzisiert. Dies geschah durch das visuelle Testen verschiedener Schwellenwerte, bis eine zufriedenstellende Abgrenzung hinsichtlich eines Landschaftscharaktertyps für die betrachtete Variable erreicht werden konnte. Dabei konnten alle Projektbeteiligten mithilfe der Webapplikation «Shiny» mitwirken und Zwischenergebnisse kommentieren.

Die identifizierten Schwellenwerte wurden in einem nächsten Schritt als Filter verwendet, um nur diejenigen Hektarzellen beizubehalten, die alle festgelegten Kriterien für einen bestimmten Landschaftscharaktertyp erfüllen. Diese Hektarzellen gelten dann als Kandidaten für eine Landschaft dieses Typs, bilden selbst jedoch noch keine eigene Landschaft. Das heisst, obwohl sie die Regeln für einen bestimmten Typ erfüllen, werden einige dieser Kandidaten bei der Aggregation zu einer Landschaft (siehe Kap. 2.3.5) nicht berücksichtigt werden. Dies zum Beispiel, wenn die Mindestdistanz zwischen zwei charakteristischen Hektarzellen zu gross ist und diese nur isoliert vorkommen. Ein Beispiel für die Umsetzung des Landschaftscharaktertyps «Obstwiesenlandschaften», also die Übersetzung der Typen-Beschreibung in Regeln und die Zuordnung der entsprechenden Variablen, zeigt Tab. 5.

Tab. 5. Basierend auf der Beschreibung eines Landschaftscharaktertyps werden verschiedene Regeln definiert, um geeignete Kandidaten für eine Landschaft dieses Typs zu identifizieren, wie hier am Beispiel des Typs «Obstwiesenlandschaft» (Beschreibung der Variablen siehe Anhang 6.2; die Implementierung der Regeln ist im Projekt-Repository unter prj-code/LT_fct.R dokumentiert).

Beschreibung Landschaftscharaktertyp «Obstwiesenlandschaft»: Flächige Ausdehnung von hochstämmigen Obstbäumen; oft siedlungs- oder hofnah; Weiden oder Wiesen als Unternutzung.			
	<i>Level</i>	<i>Regel pro Hektarzelle</i>	<i>Verwendete Variablen</i>
Level-1	Geomorphologie	Befindet sich in Ebene, Plateau, Tal/Becken, Hügel	M_LTARE
Level-2a	Dominierende Fläche	Mehr als 50% Landwirtschaftsfläche	A_LN
Level-2b	Bodenbedeckung und Landesnutzung	Mehr Dauergrünland als Ackerfläche	A_LN_Dweide, A_LN_Dwiese, A_LN_Streu, A_LN_OAcker, A_LN_KWiese
Level-3	Prägende Strukturen und Charakteristika	Mehrere Einzelbäume und in der Nähe von Häusergruppe	EB100m, D_oth_houseCl

2.3.5 Von Hektarzellen zu Landschaften

Nachdem die Hektaren als Kandidaten für eine einem bestimmten Landschaftscharaktertyp zugehörige Landschaft identifiziert wurden, erfolgte die Aggregation zu zusammenhängenden Landschaften. Dabei wurde die Alpha-Shape-Methode verwendet, die es ermöglicht, generalisierte konvexe Hüllen um einzelne Punkte (Zentrum der ausgewählten Hektarzellen) zu bilden. Der sogenannte Alpha-Wert steuert dabei den Grad der Generalisierung bzw. wie eng die Fläche an die Punkte angepasst wird: Ein kleiner Alpha-Wert ergibt eine detailreiche, eher zergliederte Form, ein grösserer Alpha-Wert eine glattere, rundere Umrandung. Für jeden Landschaftscharaktertyp wurden verschiedene Alpha-Werte visuell geprüft, um eine optimale Aggregation der Hektaren zu sinnvollen Landschaftspolygonen zu erreichen.

Mehrere Nachbearbeitungsschritte waren notwendig, um die mit Alpha-Shape generierten Polygone nach bestimmten und vom jeweiligen Landschaftscharaktertyp abhängigen Kriterien weiter zu Filtern (siehe Anhang 6.5):

- Für alle Landschaftscharaktertypen: Jedes Polygon muss mindestens eine für diese Landschaft typische Hektarzelle enthalten
- Für bestimmte Landschaftscharaktertypen: Eine Minstdichte von für diese Landschaft typischen Hektarzellen innerhalb des Polygons (unterschiedliche Schwellenwerte je nach Landschaftscharaktertyp).
- Für bestimmte Landschaftscharaktertypen Eine minimale und/oder maximale Grösse des Polygons (unterschiedliche Schwellenwerte je nach Landschaftscharaktertyp).

Zur Verbesserung der Lesbarkeit und um realistischere Landschaftsgrenzen zu erhalten, wurden die resultierenden Polygone mit nachfolgenden Schritten verfeinert:

- Auffüllen von Löchern ≤ 10 ha innerhalb der Polygone
- Anwenden eines 50-Meter-Puffers um die Polygone
- Vereinfachung und Glättung der Polygon-Geometrien

Die Abb. 7 illustriert die Bildung eines Polygons vom Typ Obstwiesenlandschaft durch Aggregation der entsprechenden Hektarkandidaten (als Obstwiesenlandschaft klassifizierte Hektarzellen). Isolierte oder kleinere Gruppen von Kandidaten für diese Landschaft wurden aufgrund der definierten Parameter nicht berücksichtigt. Tatsächlich wurde für diesen Landschaftstyp festgelegt, dass ein Polygon mindestens 50 ha gross sein und eine Punktdichte der Hektarkandidaten von mindestens 50 % aufweisen muss. Zudem führt der für diesen Landschaftstyp gewählte Alpha-Wert von 200 zu einer relativ engen Umhüllung der Hektarkandidaten, sodass sich das entstehende Polygon nicht weit ausbreiten kann, um weiter auseinanderliegende Kandidaten einzuschliessen. Dies erklärt, weshalb für einige der in Abb. 7 sichtbaren Punkte kein Polygon der Obstwiesenlandschaft generiert wurde.



Abb. 7. Visualisierung von Hektarkandidaten (pinke Punkte) und eines resultierenden Polygons (=Landschaft) für den Typ «Obstwiesenlandschaft» (Interaktive Webapplikation, Chatzenberg (ZG) – Walchwil).

2.3.6 Landschaftskarte

Die resultierenden Polygone aus Landschaften unterschiedlicher Landschaftscharaktertypen können sich an gewissen Orten überlagern, zum Beispiel bei Landschaften der Typen «Extensive Grünlandlandschaften» und «Obstwiesenlandschaften». Es kann auch vorkommen, dass kleinere Flächen keinem Landschaftscharaktertyp zugewiesen wurden, was zu einer Lücke in der Karte führt. Um sowohl Überlagerungen als auch Lücken zu verhindern und eine flächendeckende und lückenlose Karte zu generieren, war es deshalb notwendig, eine Hierarchie festzulegen und Lücken zu füllen.

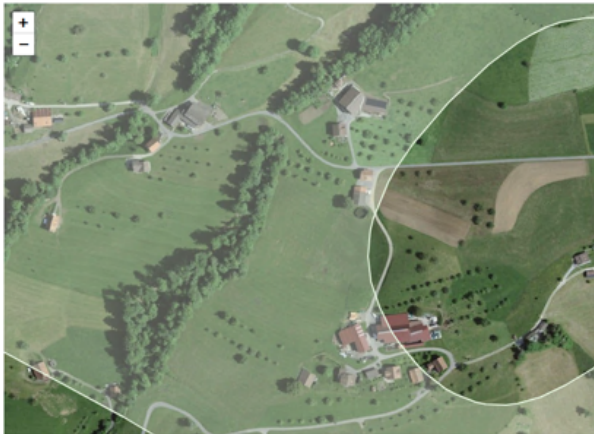
In einem ersten Schritt werden alle Landschaftspolygone kombiniert und Überlagerungen gemäss der in Tab. 6 definierten Hierarchie aufgelöst. Das heisst, falls mehrere Polygone von verschiedenen Landschaftscharaktertypen am selben Ort vorkommen, wird jenes mit der höchsten Hierarchiestufe priorisiert. Zum Beispiel, falls es Überlagerungen gibt zwischen einer Streusiedlungslandschaft und einer Waldlandschaft, dann werden die überlagernden Bereiche dem Typ Streusiedlungslandschaft zugewiesen (siehe Abb. 8). Die Anwendung einer solchen Hierarchie bedeutet, dass gewisse Landschaften gegenüber anderen höher gewichtet werden. Diese Priorisierung könnte je nach Anwendungszweck angepasst werden, zum Beispiel um jene Landschaften sichtbar zu machen, welche bestimmte Landschaftscharakteristiken aufweisen oder als speziell wertvoll betrachtet werden. In unserem Fall wurde die Hierarchie durch uns so festgelegt, dass kleinräumig auftretende Typen gegenüber grossflächig auftretenden tendenziell bevorzugt dargestellt wurden (höhere Darstellungsebene, resp. Hierarchiestufe). Entsprechend bedeutet eine höhere Hierarchiestufe nicht eine höhere Wichtigkeit eines Landschaftscharaktertyps.

Die resultierende Karte enthält Landschaftspolygone, die alle auf einer Ebene sind (keine Überlagerung mehr; siehe Abb. 8 unten rechts). Zwischen den Polygonen kann es aber immer noch Lücken geben. Um diese zu füllen, werden iterativ die Ränder der benachbarten Landschaftspolygone erweitert, bis keine Lücke mehr vorhanden sind. Die resultierende Karte widerspiegelt letztlich sowohl die definierten Landschaftscharaktertypen als auch die festgelegte Hierarchie.

Tab. 6. Landschaftscharaktertypen-Hierarchie – In Bereichen der Überlagerung wird der Landschaftscharaktertyp, der in der Tabelle zuoberst aufgelistet ist, bevorzugt.

<i>Tourismus- und Freizeitinfrastrukturlandschaften</i>	<i>Höchste Hierarchiestufe</i>
<i>Abbau- und Deponielandschaften</i>	
<i>Industrie- und Gewerbelandchaften</i>	
<i>Urbane Siedlungslandschaften (Stadtlandschaften)</i>	
<i>Periurbane Siedlungslandschaften</i>	
<i>Streusiedlungslandschaften</i>	
<i>Obstwiesenlandschaften</i>	
<i>Alplandschaften</i>	
<i>Moorgeprägte Landschaften</i>	
<i>Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster</i>	
<i>Intensive Grünlandlandschaften</i>	
<i>Extensive Grünlandlandschaften</i>	
<i>Agrarlandschaften mit grossflächigen Nutzungsmustern</i>	
<i>Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und / oder Nutzungsvielfalt</i>	
<i>Waldlandschaften</i>	<i>Tiefste Hierarchiestufe</i>

Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster



Obstwiesenlandschaften



Streusiedlungslandschaften



Hierarchisierte Karte



Abb. 8. Visualisierung der überlagernden Landschaftscharaktertypen und der daraus resultierenden Landschaftskarte für den Standort Haltenbühl (ZG) in der interaktiven Webapplikation. In der Mitte des gewählten Standortes wurden drei Landschaftscharaktertypen identifiziert: A) Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster (Rang 10 in der Landschaftscharaktertypen-Hierarchie, Tabelle 6), B) Obstwiesenlandschaften (Rang 7), und C) Streusiedlungslandschaften (Rang 6). Da die Streusiedlungslandschaften in der vorgegebenen Hierarchie den höchsten Rang der drei überlagernden Typen besitzen, wird der zentrale Bereich in der hierarchisierten Karte (unten rechts) diesem Landschaftscharaktertyp zugeordnet. Die Abbildung zeigt damit, wie durch hierarchische Überlagerung der Landschaftscharaktertypen die endgültige Klassifikation für einen Standort entsteht.

2.3.7 Integration des wahrgenommenen Landschaftscharakters (LABES-Indikator 17)

Die dritte Säule im Projektdesign beinhaltet die Einbindung des wahrgenommenen Landschaftscharakters anhand des LABES-Indikators 17. Für dessen Einbezug in die Landschaftscharaktertypologie wurden drei Möglichkeiten diskutiert und zwei davon eingehend überprüft: Eine erste Möglichkeit bestand darin, die LABES-Daten des Indikators 17 pro Gemeinde für die drei Kantone direkt in die Klassifizierung der GIS-Daten miteinzubeziehen. Die zweite Möglichkeit bestand darin, die GIS-Daten zunächst separat zu klassifizieren und anschliessend mit LABES-Daten zu Überlagern. Eine dritte Möglichkeit stellte zudem der Einbezug des Indikators als Entscheidungshilfe in der Abgrenzung von bereits klassifizierten, sich überlappenden Landschaftscharaktertypen dar. Für all drei Integrationsmöglichkeiten standen sowohl Rohdaten wie geclusterte Daten zur Verfügung (vergl. Zwischenbericht 2023). Dazu wurden für die Kantone Zug, Graubünden und Waadt die gesamtschweizerisch erhobenen Daten zum Indikator 17 der LABES2-Erhebung von 2020 verwendet. Durch ein zusätzliches Oversampling in den drei Kantonen konnten für Zug 516 Personen, für Graubünden 1111 Personen und für Waadt 1033 Personen befragt werden. Die geclusterten Daten stellen im Gegensatz zu den Rohdaten eine Gruppierung der Daten nach bestimmten Merkmalen dar. Um die

Landschaft anhand der aus Sicht der Bevölkerung als charakteristisch wahrgenommenen Merkmale in Typen zu gruppieren, wurde eine auf die Kantone Zug und Waadt beschränkte hierarchische Clusteranalyse der LABES2-Daten zum Indikator 17 durchgeführt (vergl. Zwischenbericht 2023). Dabei wurde basierend auf den Merkmalswerten eine binäre Distanzmatrix erstellt. Jedes Cluster repräsentiert damit eine Gruppe von Personen, die ähnliche Landschaftselemente als typisch für ihre Gemeinde bezeichnen. Die Cluster unterscheiden sich in ihrer Anzahl und thematisch nach Kanton Zug («naturnah-rural», «vielseitig peri-urban», «historisch-urban») und Kanton Waadt («landwirtschaftlich-ländlich», «naturnah-kulturell», «traditionell-wassernah», «städtisch»).

Direkter Einbezug in die Klassifikation der GIS-Daten

Im Rahmen der ersten Möglichkeit wurden die LABES-Daten des Indikator 17 sowohl als Cluster (Anteile an verschiedenen Clustern pro Gemeinde) als auch in Form der Rohdaten in die GIS-Klassifizierung integriert. In beiden Fällen dominierten die Gemeindegrenzen die Ergebnisse, sodass keine weiteren Landschaftscharaktertypen sichtbar waren. Der Ansatz zeigte sich daher als wenig zielführend und wurde nicht mehr weiterverfolgt.

Einbezug durch Überlagerung der GIS-Daten

Im Rahmen der zweiten Integrationsmöglichkeit wurden die LABES-Daten des Indikators 17 als einzelne Landschaftselemente (nicht in Cluster-Form) als überlagernde Layer der bereits nach Landschaftscharaktertypen klassifizierten Landschaft hinzugefügt. Dazu wurden zunächst die in LABES2 erhobenen Landschaftselemente den neu entwickelten Landschaftscharaktertypen für den Kanton Zug, basierend auf deren Typenbeschreibung, zugeordnet. Einzelne der 20 ursprünglichen Landschaftselemente waren der Landschaftscharaktertypologie oder ihrer entsprechenden Textur nicht eindeutig zuordbar (z. B. das erfragte Landschaftselement 'Berge und Täler'). Für andere wiederum gab es in der neu entwickelten Typologie keine entsprechenden Landschaften (z. B. für das Landschaftselement 'Rebberge'). In beiden Fällen wurden die entsprechenden Landschaftselemente des Indikator 17 für dessen Überlagerung entfernt. Da für den Kanton Graubünden (vorläufig) ebenfalls die Landschaftscharaktertypen des Kantons Zug angewendet werden, blieb aus Konsistenzgründen auch die Auswahl der Landschaftselemente dieselbe. Durch eine Weiterentwicklung der Landschaftscharaktertypologie und des Indikators 17 könnten aber durchaus mehr und kantonsspezifischere Landschaftselemente eingesetzt werden.

Tab. 7. Normierter Anteil «Ja»-Werte pro wahrgenommene Landschaftselemente und Gemeinde im Kanton Zug. Wert 0 entspricht der Wahrnehmung eines Landschaftselementes als untypisch, Wert 1 der Wahrnehmung eines Landschaftselementes als charakteristisch. Zusätzlich ist für jedes Landschaftselement dessen Zuordnungsmöglichkeit zu Landschaftscharaktertypen angegeben: ✓ = eindeutige Zuordnung, (✓) = Zuordnung möglich, aber nicht eindeutig, x = keine Zuordnung möglich.

Landschaftselemente (20) des LABES-Indikators 17	Gemeinden Kanton Zug											Zuordnung zu den Landschaftscharaktertypen
	Baar	Cham	Hünenberg	Menzingen	Neuheim	Oberägeri	Risch	Steinhausen	Unterägeri	Walchwil	Zug	
Bäche oder Flüsse	1.00	0.96	0.66	0.77	0.67	0.71	0.61	0.49	0.94	0.82	0.66	✓
Wohnquartiere	0.99	0.97	0.91	0.53	0.89	0.79	1.00	0.93	0.72	0.64	0.87	(✓)
Wiesen, Äcker und Felder	0.95	0.92	1.00	0.94	1.00	0.92	0.86	0.91	0.94	0.73	0.68	(✓)
Wald	0.94	0.94	0.91	0.88	0.89	1.00	0.98	1.00	0.97	1.00	0.68	✓
Bauernhöfe und Ställe	0.84	0.82	0.91	1.00	1.00	0.92	0.91	0.69	0.91	1.00	0.58	(✓)
Industrie- und Gewerbeanlagen	0.82	0.80	0.64	0.12	0.44	0.17	0.91	0.67	0.44	0.00	0.64	✓
Hochspannungsmasten	0.59	0.38	0.57	0.47	0.00	0.00	0.19	0.67	0.03	0.09	0.14	(✓)
Streusiedlungen	0.34	0.32	0.32	0.47	0.33	0.67	0.40	0.20	0.19	0.18	0.12	✓
Hochhäuser	0.33	0.34	0.27	0.00	0.00	0.00	0.81	0.40	0.03	0.00	0.65	(✓)
Pärke und öffentliche Grünanlagen	0.31	0.97	0.27	0.06	0.22	0.21	0.19	0.18	0.56	0.00	0.53	(✓)
Naturschutzgebiet	0.30	0.10	0.05	0.59	0.44	0.88	0.14	0.02	0.94	0.73	0.39	x
Berge und Täler	0.30	0.56	0.57	0.47	0.33	0.58	0.47	0.38	0.50	0.27	0.36	x
Historischer Dorf/Stadtkern	0.26	0.17	0.07	0.12	0.78	0.08	0.07	0.04	0.13	0.18	0.78	(✓)
Seen oder Weiher	0.26	1.00	0.86	0.59	0.00	0.96	0.93	0.78	1.00	1.00	1.00	✓
Solarenergieanlagen	0.15	0.14	0.07	0.24	0.00	0.17	0.12	0.09	0.06	0.00	0.07	(✓)
Burg/Schloss	0.12	0.52	0.50	0.06	0.00	0.00	0.30	0.04	0.00	0.00	0.36	(✓)
Moore	0.10	0.13	0.07	0.47	0.33	0.54	0.00	0.13	0.34	0.27	0.12	✓
Rebberge	0.05	0.10	0.39	0.00	0.00	0.00	0.12	0.51	0.00	0.46	0.03	✓
Windenergieanlagen	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	(✓)
Flugplatz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	(✓)

Für die Überlagerung wurden die Rohdaten innerhalb jeder Gemeinde auf einer Skala von 0–1 normiert, um einen besseren Vergleich zwischen Gemeinden mit unterschiedlichen Stichprobengrößen zu ermöglichen. Der Indikator 17, welcher die Landschaftscharaktertypologie überlagert, zeigt für alle Landschaftselemente den normierten Anteil pro Gemeinde an, also wie charakteristisch die jeweiligen Landschaftselemente in der Wohngemeinde wahrgenommen werden. Da der Indikator 17 auf Gemeindeebene erfragt wurde, konnten die als untypisch oder charakteristisch wahrgenommenen Landschaftselemente lediglich als überlagernde Gemeindepolygone über die GIS-klassifizierten räumlichen Ausprägungen der Landschaftscharaktertypen gelegt werden.

Einbezug in Form einer Entscheidungshilfe in der Typenabgrenzung

Eine weitere diskutierte Möglichkeit, den wahrgenommenen Landschaftscharakter in die Landschaftscharaktertypologie miteinzubeziehen, sieht diesen als 'Entscheidungshilfe' bei sich räumlich überlappenden Landschaften. Die Integration der LABES-Daten ist grundsätzlich in Form einer Regel in der regelbasierten Klassifikation denkbar, ähnlich wie dies in Kap. 2.3.4 beschrieben wird. Hier stellte sich im Methodenentwicklungsprozess der Prototypen die Frage, welches Gewicht der gesellschaftlichen Wahrnehmung der Landschaft zugeteilt werden soll, insbesondere wenn es um die Abgrenzung einzelner Landschaftscharaktertypen geht.

Bisherige Ergebnisse aus LABES zeigen, dass die Bevölkerung ihre Landschaft durchaus differenziert charakterisiert und dass damit verschiedene Gemeinden unterschiedlichen Landschaftscharakter zugewiesen erhalten. Das ist bereits ein Erfolg und zeugt von der Sensitivität des LABES-Indikators 17. Dennoch gilt es zu bedenken, dass dieser Indikator eine sehr beschränkte Anzahl an Elementen abfragte, die u.U. nur in bestimmten Regionen vorkommen. Ausserdem ist zu beachten, dass bei der LABES2-Befragung beliebig viele Elemente angekreuzt werden konnten und dass nur nach (Nicht-)Vorhandensein und nicht auch nach Ausmass und/oder Wichtigkeit gefragt wurde. Schliesslich leidet das LABES-Instrument an der geringen Stichprobengrösse in kleineren Gemeinden. Dies alles kann dazu führen, dass die Differenziertheit der

Ergebnisse zum LABES-Indikator 17 zu stark oder u.U. auch zu schwach ausgeprägt ausfällt und sich nur bedingt auf dem Hintergrund physischer Gegebenheiten in den beurteilten Landschaften nachvollziehen oder mit gängigen Expert:innenmeinungen vereinbaren lässt.

Im Rahmen der Weiterentwicklung von LABES im Hinblick auf LABES3 (2029) wurde der Indikator 17 daher – neben reinem Einbezug der Daten – ebenfalls überarbeitet. Diese Notwendigkeit und der Mehrwert einer Weiterentwicklung zeigte sich bereits bei der Aufbereitung der Daten für die Integration in die angestrebte Landschaftscharaktertypologie. Das Vorgehen zur Weiterentwicklung des Indikator 17 für zukünftige Anwendungen wird in Kap. 4.3.2 detailliert aufgezeigt. Im Rahmen dieser Pilotstudie für eine Landschaftscharaktertypologie mussten wir uns jedoch auf die Anwendung einer reinen GIS-Überlagerung beschränken (siehe Kap. 3.4).

2.4 Einbezug Expert:innenwissen zur Validierung und Plausibilisierung

Die vierte Säule im Projektdesign sieht die Einbindung von Wissen verschiedener Expert:innen vor. Dabei unterscheiden wir zwischen einer internen und externen Expert:innenvalidierung und -Plausibilisierung der verschiedenen Zwischenergebnisse und methodischen Herangehensweisen.

Interne Validierung und Plausibilisierung: Die einzelnen Zwischenergebnisse der unüberwachten und regelbasierten Klassifikation wurden jeweils mit der gesamten Projektgruppe (=interne Expert:innen) gespiegelt und dahingehend überprüft, ob die Ergebnisse plausibel und angemessen sind. Aufgrund der Komplexität der Thematik musste hierzu viel Zeit aufgewendet werden. Die Ergebnisse dieser internen Validierung war Teil des Arbeitsprozesses und werden daher nicht gesondert rapportiert.

Externe Validierung und Plausibilisierung: Die externe Überprüfung im Rahmen der Methodenentwicklung erfolgte im Austausch mit den «externen Expert:innen» aus den Kantonen und dem BAFU.

So wurden die Resultate der unüberwachten Klassifikation für den Kanton Zug in einem ersten Arbeitstreffen am 4. November 2024 mit Vertreter:innen der Abteilung für Natur und Landschaft des Kantons Zug besprochen und daraus wichtige Erkenntnisse für die weitere Erarbeitung des Prototyps gewonnen (siehe Kap. 3.5.2).

Im Rahmen des Schlussworkshops mit Vertretern des BAFU und der Kantone ZG und GR vom 17. Juni 2025 konnten das gesamte methodische Vorgehen und die Ergebnisse vorgestellt werden. Die wichtigsten Erkenntnisse werden im Kap. 3.5 erläutert.

3 Ergebnis: Prototyp für eine Landschaftscharaktertypologie der Schweiz am Beispiel der Pilotregion Kanton Zug

3.1 Unüberwachte Klassifikation als Grundlage der entwickelten Landschaftscharaktertypologie

Die Anwendung des k-Means-Algorithmus zur unüberwachten Klassifikation ermöglichte eine erste Erfassung und Übersicht über die räumliche Ausprägung potenzieller Landschaftscharaktertypen. Es wurden Karten mit unterschiedlicher Anzahl an Zielklassen erstellt und am Beispiel des Kantons Zug analysiert. Die Karte mit fünf Clustern widerspiegelt die erwarteten Haupttexturen des Kantons (Siedlung, Landwirtschaft, Wald, Wasser) sowie eine moorgeprägte Landschaft (siehe Abb. 9). Die Abgrenzung auf der Karte und Interpretation der fünf Cluster ist klar und nachvollziehbar. Mit der Erhöhung der Zielklassenanzahl kamen weitere potenzielle Typen zum Vorschein. Die Variante mit 13 Clustern zeigt zum Beispiel eine Unterscheidung zwischen intensiveren und extensiveren Landwirtschaftsflächen (siehe Cluster 6 und 7 in Abb. 9) sowie zwischen einer Wald- und einer Mosaiklandschaft mit Wald-Offenland-Muster (siehe Cluster 10 und 3 in Abb. 9). Die feinere Auflösung mit 13 Clustern nähert sich dabei der kantonalen Typologie (siehe Anhang 6.1) an. Die meisten der 13 Cluster lassen sich einem Typ der kantonalen Typologie und des Katalogs der SL zuordnen. Einige jedoch auch nicht, und die Abgrenzung auf der Karte war nicht immer vollständig nachvollziehbar. Die Interpretation eines gemeinsamen Merkmals der im Cluster 2 bei k=13 zusammengefassten

Hektaren ist zum Beispiel nur schwer möglich. Selbst die Heatmap (siehe Anhang 6.4) der Variablenbeiträge zeigt keine klare Kombination von Einflussfaktoren, z. B. Länge von Hecken und Strassen oder Flächen mit fließendem Gewässer. Auch Sportinfrastrukturen wie der Golfpark fallen in dieses Cluster, was zunächst verwirrend wirkt. Eine genauere Betrachtung zeigt jedoch, dass dort ebenfalls lineare Strukturen vorherrschen (z. B. dargestellt durch die Variable «Hecken100 m»). Insgesamt vereint das Cluster somit Hektaren mit ausgeprägten linearen Merkmalen – ein gemeinsamer Nenner, der jedoch kaum als eigenständiger Landschaftscharaktertyp interpretierbar ist. Varianten mit deutlich mehr Zielklassen liessen sich aufgrund der Komplexität nicht mehr eindeutig interpretieren und werden hier auch nicht besprochen.

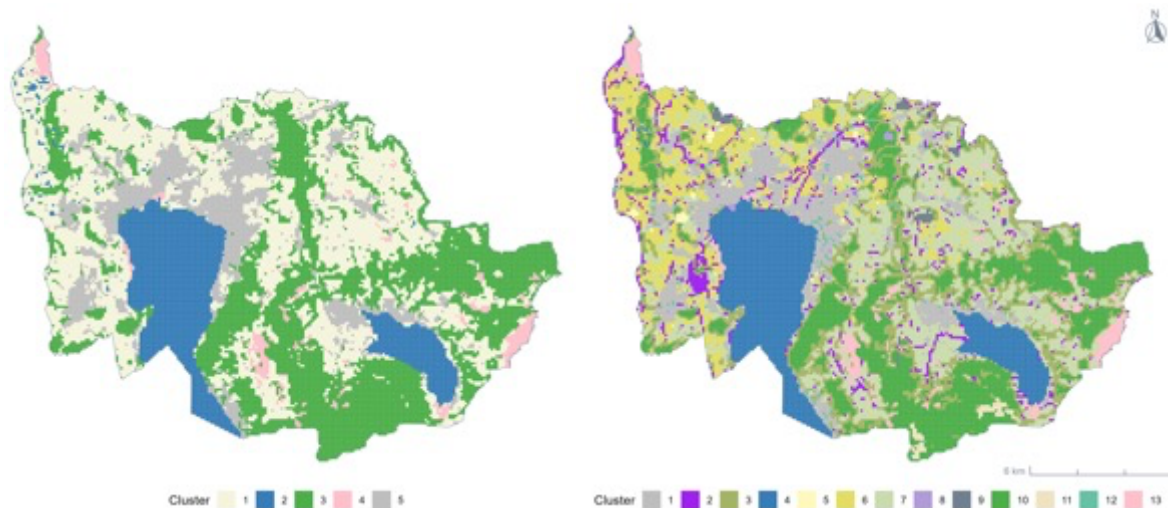


Abb. 9. Unüberwachte Klassifikation potenzieller Landschaftscharaktertypen im Kanton Zug mit fünf (links) und 13 (rechts) Zielklassen.

Die räumliche Repräsentation potenzieller Landschaftscharaktertypen wurde für die Diskussion konkreter Beispiele genutzt und bildete eine wichtige Grundlage für die nachfolgende regelbasierte Klassifikation. Zudem konnten wir eruieren, ob relevante Eingangsdaten fehlen, etwa wenn ein erwarteter Landschaftscharaktertyp nicht abgebildet wurde. Weiter konnten potenzielle Landschaftscharaktertypen und räumliche Muster entdeckt werden, die wir allein aufgrund von Fachwissen und bestehenden Typologien nicht berücksichtigt hätten. Ergänzend zu den Karten, wurden Heatmaps erstellt, die den Beitrag einzelner Variablen zur Bildung der jeweiligen Cluster visualisieren (siehe Anhang 6.4). Daraus lässt sich ableiten, welche Variablen massgeblich zur Abgrenzung einzelner Cluster beigetragen haben. Homogene Landschaften wie Seen und Wälder lassen sich bereits mit wenigen Variablen eindeutig beschreiben. Für komplexere Landschaften wie Streusiedlungen sind hingegen zahlreiche Variablen und gegebenenfalls verschiedene räumliche Skalen zu berücksichtigen. Auf diese Weise konnten Schlüsselvariablen und Schwellenwerte ermittelt werden, die für die Abgrenzung bestimmter Landschaften von Bedeutung sein könnten. Diese Erkenntnisse flossen in die Entwicklung der Typologie ein.

3.2 Beschreibung der entwickelten Typologie am Beispiel der Pilotregion Kanton Zug

Die am Beispiel des Kantons Zug entwickelte Typologie (die Übertragbarkeit auf Graubünden und Waadt wird im Kap. 4 diskutiert) umfasst zwei zentrale Bestandteile: Einerseits die Identifikation und strukturierte Beschreibung charakteristischer Landschaften, andererseits die kartografische Umsetzung, also die räumliche Abgrenzung dieser Landschaften.

Für den Kanton Zug wurden insgesamt 22 Landschaftscharaktertypen identifiziert (siehe Tab. 10) und gemäss dem mehrstufigen System (vgl. Kap. 2.3.3) strukturiert beschrieben. Diese Auswahl von 22 Typen ist die Synthese aus unüberwachter Klassifikation, Katalog der SL und internen inhaltlichen Diskussionen, aber auch bezüglich Machbarkeit. Die Beschreibung umfasste jeweils die Geomorphologie, die dominierende Flächennutzung sowie prägende Strukturen. Sie bildete die methodische Grundlage, um spezifische Regeln abzuleiten und eine datenbasierte Umsetzung zu ermöglichen. Ein Beispiel dafür ist der Typ der

Obstwiesenlandschaften: Seine Beschreibung umfasst hochstämmige Obstbäume in siedlungs- oder hofnahen Lagen mit Wiesen und Weiden als Unternutzung (siehe Tab. 8, Typ A1). Diese Merkmale konnten mit Hilfe geeigneter Geodaten, wie der Anzahl Einzelbäume pro Hektare, einer Maximaldistanz zum nächsten Hof und der landwirtschaftlichen Nutzungsform abgebildet werden. So wurde es möglich, jene Hektarzellen zu identifizieren, die alle Kriterien erfüllen und damit als Kandidaten für diesen Landschaftscharaktertyp in Frage kommen. Die strukturierte Beschreibung der Typen diente somit nicht nur der Typologisierung, sondern auch als Brücke zwischen fachlicher Beschreibung und GIS-gestützter Umsetzung.

Tab. 8. Landschaftscharaktertypen des Kantons Zug. In kursiv/grau sind Typen beschrieben, die im Kanton Zug zwar (potenziell) vorkommen, aber im Rahmen der Entwicklung des Prototyps räumlich nicht ausgewiesen wurden.

Code	Textur und Landschaftscharaktertyp	Kurzbeschreibung
Waldtextur		
W1	Waldlandschaften	Grosse, relativ geschlossene, zusammenhängende Waldgebiete; bewaldete Gebiete mit wenig offenen Flächen.
Mischtextur Wald-Agrar		
WA1	Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster	Abfolge von Wald und landwirtschaftlich genutztem Offenland; zumeist in Hügel- und Berggebieten mit vielfältiger Topographie; mosaikartige Struktur.
Agrartextur		
A1	Obstwiesenlandschaften	Flächige Ausdehnung von hochstämmigen Obstbäumen; oft siedlungs- oder hofnah; Weiden oder Wiesen als Unternutzung.
A2	Alplandschaften	Weiden im Sömmerungsgebiet; oft auch abwechselnd mit Wald; Alpgebäude und Erschliessungswege.
A3	Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und/oder Nutzungsvielfalt	Mosaik von verschiedenen Nutzungen, Anbaumethoden oder Feldkulturen; hoher Anteil an raumgliedernden Strukturen; kleinparzellig; parzellenscharfe Feldeinteilungen; zudem: Ackersäume, Hecken, Brachen, Einzelbäume, Baumgruppen, Terrassen, Trockenmauern.
A4	Agrarlandschaften mit grossflächigen Nutzungsmustern	Grossflächige und einheitliche Nutzung von eher geringer Anbauvielfalt; geringer Anteil an raumgliedernden Strukturen; grossparzellig; parzellenscharfe schematische Feldeinteilung; wenig raumgliedernde Strukturen
A5	Extensive Grünlandlandschaften	Extensive Landwirtschaft (Weiden und Wiesen) mit gering ausgeräumten Flächen; einheitliches landwirtschaftliches Nutzungsmuster; oft von abwechslungsreicher Topographie geprägt; charakteristische Wald-Offenland-Verzahnung; häufig unterteilt durch raumgliedernde Strukturen, wie Hecken, Einzelbäume, Baumgruppen, Baumreihen.
A6	Intensive Grünlandlandschaften	Intensive Landwirtschaft (Weiden und Wiesen) mit relativ ausgeräumten Flächen; einheitliches landwirtschaftliches Nutzungsmuster; wenig raumgliedernde Strukturen
Mischtextur Agrar-Gewässer		
AG1	Moorgeprägte Landschaften	Von Moorbiotopen (Moorwälder, Hochmoore, Flachmoore) geprägte Landschaften; hohe Lebensraumvielfalt (Moorwälder, Magerwiesen, Gewässer, extensive Heuwiesen u.a.)
Gewässertextur		
G1	Flusslandschaften	Grössere Fliessgewässer und ihre hydrologischen Einzugsgebiete (inkl. historische landschaftsprägende Verläufe); damit verbundene anthropogene Nutzungen (Siedlungen an erhöhter Lage, industriegeprägte Standorte in Flussnähe; Brücken...)
G2	Seenlandschaften	Grosse Stillgewässer in kontrastreicher topographischer Lage und ihre hydrologischen Einzugsgebiete.

G3	<i>Kleingewässerlandschaften mit Industrievergangenheit</i>	<i>Natürliche und/oder anthropogen gestaltete, stehende wie fließende Gewässersysteme, in Kombination mit einer sichtbaren, damit verbundenen Nutzungsform in der umgebenden Landschaft.</i>
Mischtextur Agrar-Siedlung		
AS1	Periurbane Siedlungslandschaften	Offene Landschaften in Siedlungsnähe mit engem Nebeneinander von Siedlung, Landwirtschaft, Natur und Erholung; Nebeneinander von alten und neuen Bauten; hohe Bautätigkeit; teilweise Verdrängung landwirtschaftlicher Strukturen; gute Erreichbarkeit zu den städtischen Zentren.
AS2	<i>Kontur- und kontrastreiche Transformationslandschaften</i>	<i>Offene grossflächige Landschaften mit engem Nebeneinander von Landwirtschaft, Siedlung, Natur und Erholung; hoch dynamische Räume mit teilweiser Verdrängung landwirtschaftlicher Strukturen.</i>
AS3	Streusiedlungslandschaften	Traditionelle, landschaftsprägende Einzelsiedlungen resp. -gebäude, welche vor allem im Gebiet der Graswirtschaft mehr oder weniger regelmässig über die ganze landwirtschaftliche Produktionsfläche verteilt angeordnet sind.
Siedlungstextur		
S1	<i>Ländliche Dorf- und Weilerlandschaften</i>	<i>Dörfliche, oft klar abgeschlossene Strukturen und regionaltypische Siedlungsformen; in mittlerer bis grosser Entfernung von städtischen Zentren; oft mit Elementen der traditionellen Kulturlandschaft (z. B. Hochstammobstgärten, Hecken, Terrassen, Trockensteinmauern, Einzelbäume, Gärten).</i>
S2	Urbane Siedlungslandschaften (Stadtlandschaften)	Weniger durch den Einzelbau als durch das urbane Siedlungsmuster und die Verteilung der Bauten in der Landschaft geprägt.
S3	Industrie- und Gewerbelandschaften	Mix aus Industrie- und Gewerbebauten unterschiedlichen Alters und vielfältigem Nutzungs- und Umnutzungsgrad sowie Verkehrsinfrastruktur.
Infrastrukturtextur		
I1	Abbau- und Deponielandschaften	Abbau- und Deponiestandorte sind Gewerbelandschaften, die massgeblich durch Ablagerungs- bzw. Abbautätigkeiten geprägt und landschaftsprägend in Erscheinung treten. Ihre markante und grossflächige Raumwirkung behalten diese Gebiete oftmals auch noch nach ihrer Stilllegung bei.
I2	<i>Verkehrsinfrastrukturlandschaften</i>	<i>Im Raum ablesbare überregionale Funktion der Verkehrsverbindung; grosse, teils monumentale Ingenieurbauwerke; Strassen, Brücken, Tunnel, Viadukte, Galerien.</i>
I3	Tourismus- und Freizeitinfrastrukturlandschaften	Hohe landschaftliche Werte bei gleichzeitiger Prägung durch Bauten und Anlagen für die Tourismus- und Erholungsnutzung.
Patrimoinetextur		
P1	<i>Historische Kulturlandschaften von baukulturellem Wert</i>	<i>Zahlreiche historische Zeugnisse und baukulturelle Werte auf engem Raum; authentische Bauten und Elementen der traditionellen Landnutzung.</i>

3.3 Regelbasierte Klassifikation der Landschaftscharaktertypen

Von den 22 in Tab. 8 aufgelisteten Landschaftscharaktertypen konnten deren 15 mit einer regelbasierten Klassifikation und nachgelagerten GIS-Analysen räumlich ausgewiesen werden. Einige komplexe Landschaften konnten aufgrund des Aufwandes oder fehlender Geodaten nicht einbezogen und dargestellt werden. Dabei handelte es sich auch um Landschaften, die für den Kanton eine hohe Bedeutung haben könnten (z. B. Sakrallandschaften, Flusslandschaften). Gerade bei solchen Landschaften wird der einfache Weg der Darstellung der einzelnen Elemente als überlagernde Layer oder der reinen Pufferung dem Charakter und der Bedeutung einer solchen Landschaft nicht gerecht. Diese Arbeitsschritte müssten in einem allfälligen Folgeprojekt (Anwendung auf die ganze Schweiz) angegangen werden.

3.3.1 *Räumliche Abgrenzung der Landschaftscharaktertypen im Kanton Zug*

Das erste Ergebnis der regelbasierten Klassifikation ist die kartierte Verteilung der einzelnen Landschaftscharaktertypen im Kanton Zug. Diese erfolgte durch die Klassifikation von Hektarzellen und anschliessender Aggregation zu zusammenhängenden Landschaftspolygonen. Die räumliche Verteilung der einzelnen Landschaftscharaktertypen zeigt, dass einige Typen sehr häufig vorkommen, etwa die extensiven Grünlandlandschaften, während andere nur kleinräumig auftreten, wie beispielsweise die Abbau- und Deponie-landschaften (siehe Abb. 10). Zudem zeigt sich, dass mehrere Landschaftscharaktertypen am selben Ort vorkommen können, wie wir dies aufgrund der Koexistenzmatrix (siehe Abb. 3, Tab. 14) bereits vermutet hatten. Dies ist in der Detailansicht der einzelnen Landschaftscharaktertypen in Abb. 11 gut ersichtlich. Im ersten Zoom (Z1) zeigt sich zum Beispiel, dass sich die drei Siedlungstypen teilweise überlappen, aber auch sinnvoll unterscheiden: Der Typ Periurbane Siedlungslandschaften beginnt eher am Stadtrand von Zug, während der Typ Urbane Siedlungslandschaften (Stadtlandschaften) das Stadtzentrum abdeckt. Der Typ Industrie- und Gewerbeflächen ist stärker begrenzt und umfasst vor allem grössere Gebäude und Industrie- und Gewerbeflächen. Im Zoom Z5 wird der Unterschied zwischen den Typen Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster und Waldlandschaften deutlich: Während der Waldlandschaften-Typ zusammenhängende Waldgebiete abbildet, zeigt der Typ Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster die Abfolge von Wald und landwirtschaftlich genutztem Offenland.

3.3.2 *Hierarchische Zusammenführung der Landschaftscharaktertypen im Kanton Zug*

Der Prototyp einer räumlich expliziten Karte der Landschaftscharaktertypen für den Kanton Zug ergab sich in einem zweiten Schritt durch die Zusammenführung aller Landschaftscharaktertypen gemäss einer definierten Hierarchie (siehe Abb. 12). Dabei wurden überlagernde Flächen aufgelöst, sodass jeder Ort eindeutig einem Landschaftscharaktertyp zugewiesen werden konnte. Die Karte in Abb. 13 zeigt, dass ein Grossteil der dominierenden und charakteristischen Landschaften des Kantons Zug abgebildet werden, zum Beispiel im Bezug zur kantonalen Typologie (siehe Anhang 6.1) oder dem Katalog der SL. Zudem wurde eine thematisch deutlich feinere Auflösung erzielt als mit der Landschaftstypologie Schweiz (ARE, BAFU und BFS 2011). Die Karte zeigt aber auch, dass gemäss Tab. 10 nicht alle möglichen Typen umgesetzt werden konnten. Zudem hängen die Sichtbarkeit und Ausprägung einzelner Landschaften auf der Karte stark von der gewählten Hierarchie ab. Ein illustratives Beispiel dafür sind die Extensiven Grünlandlandschaften, welche als einzelner Landschaftscharaktertyp grossflächig und fast über den ganzen Kanton Zug verteilt auftreten (vgl. Abb. 10), in der zusammengeführten Landschaftskarte (siehe Abb. 13) jedoch oft durch höher gewichtete Typen (siehe Hierarchie in Tab. 6) überlagert werden.

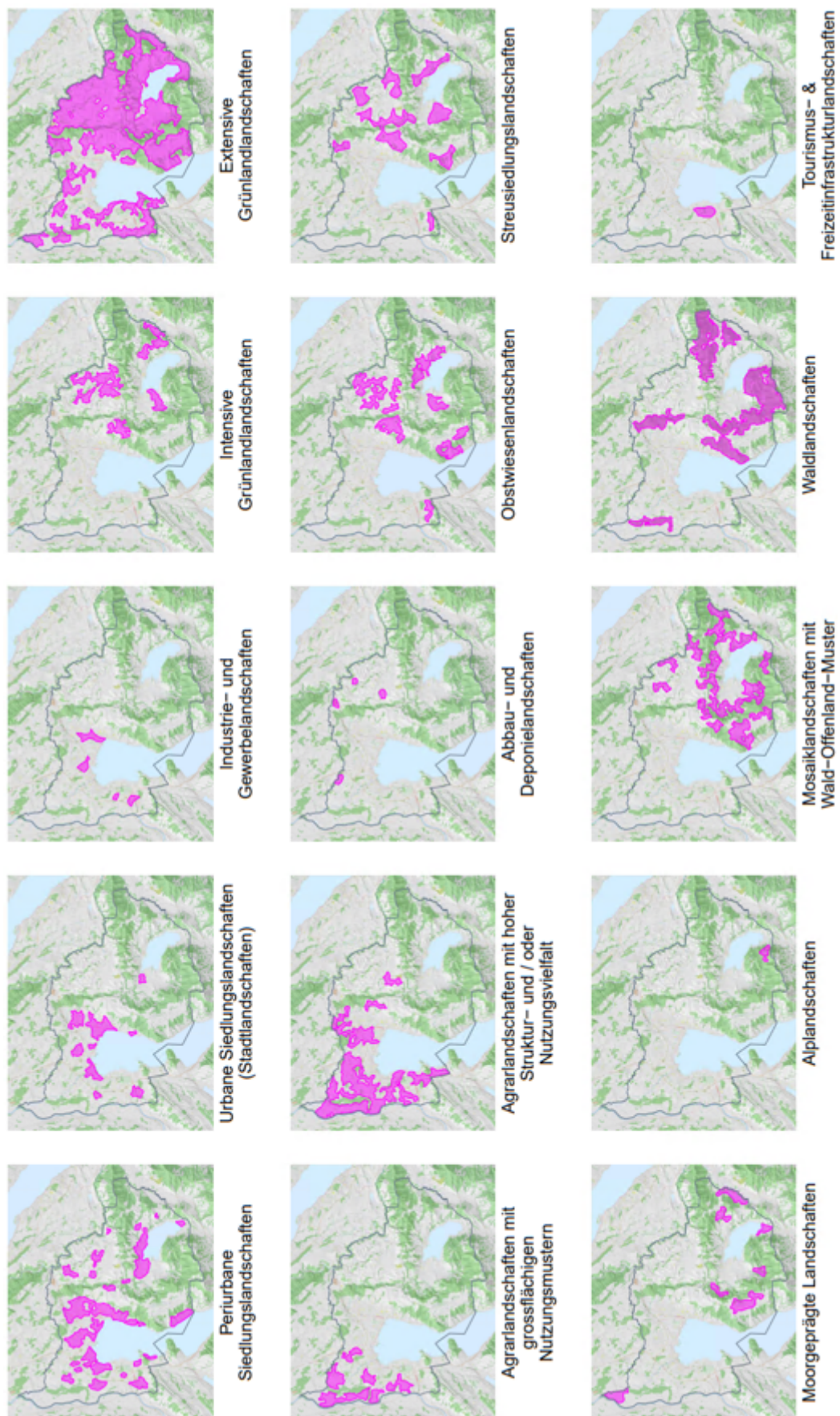


Abb. 10. Räumliche Abgrenzung der einzelnen Landschaftscharaktertypen für den Kanton Zug.

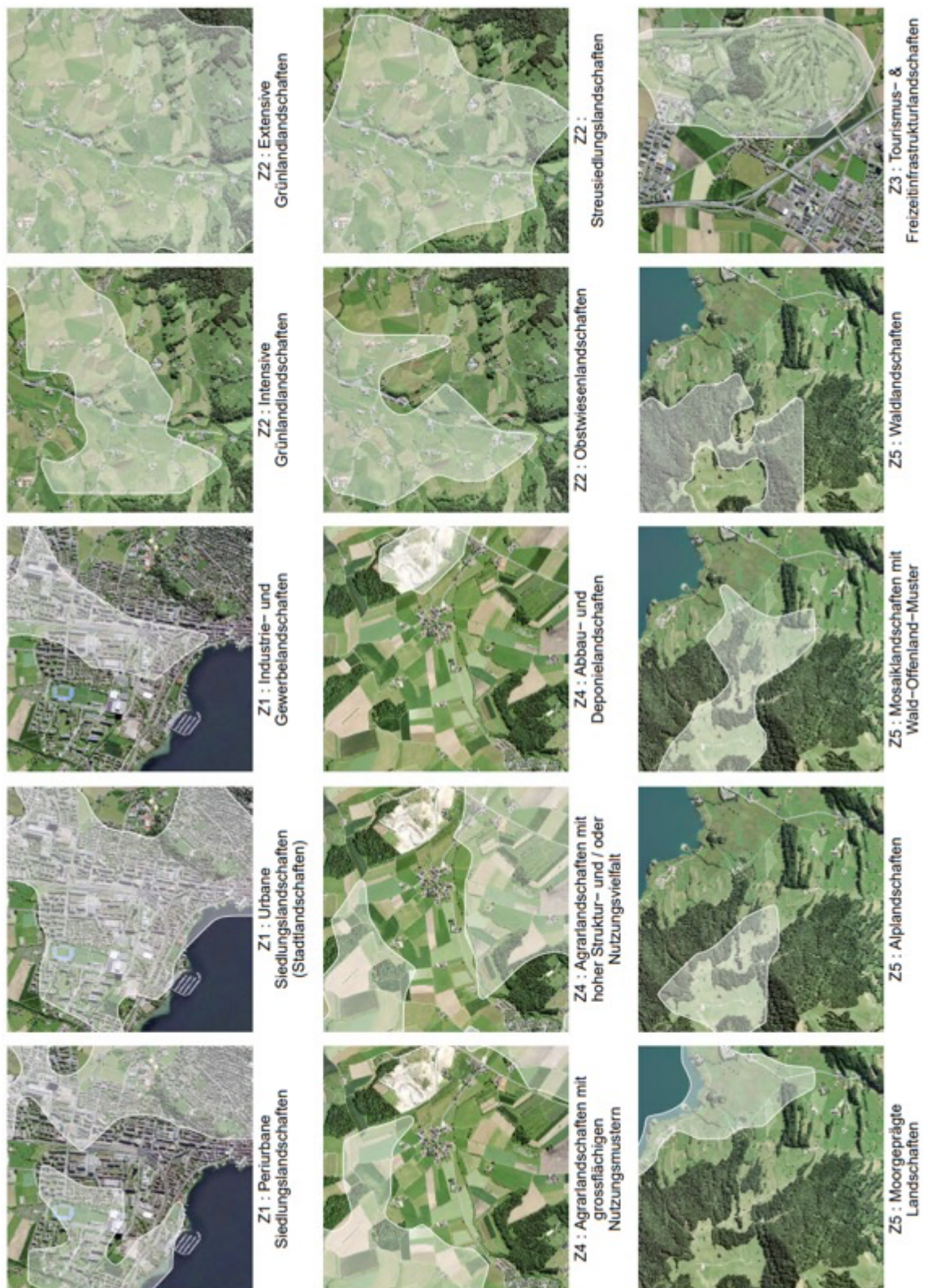


Abb. 11. Detailansicht der einzelnen Landschaftscharaktertypen für den Kanton Zug für verschiedene Zoom-Bereiche (Z1–Z5).

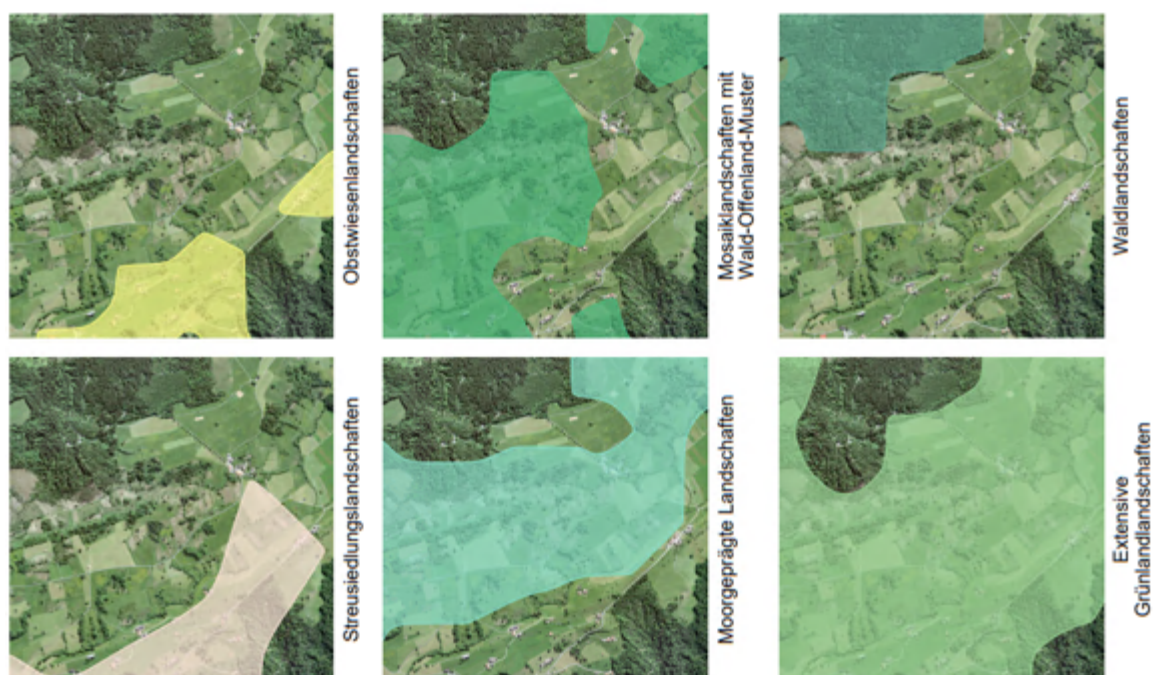


Abb. 12. Detailansicht von 6 Landschaftscharaktertypen und die entsprechende hierarchisierte Überlagerung

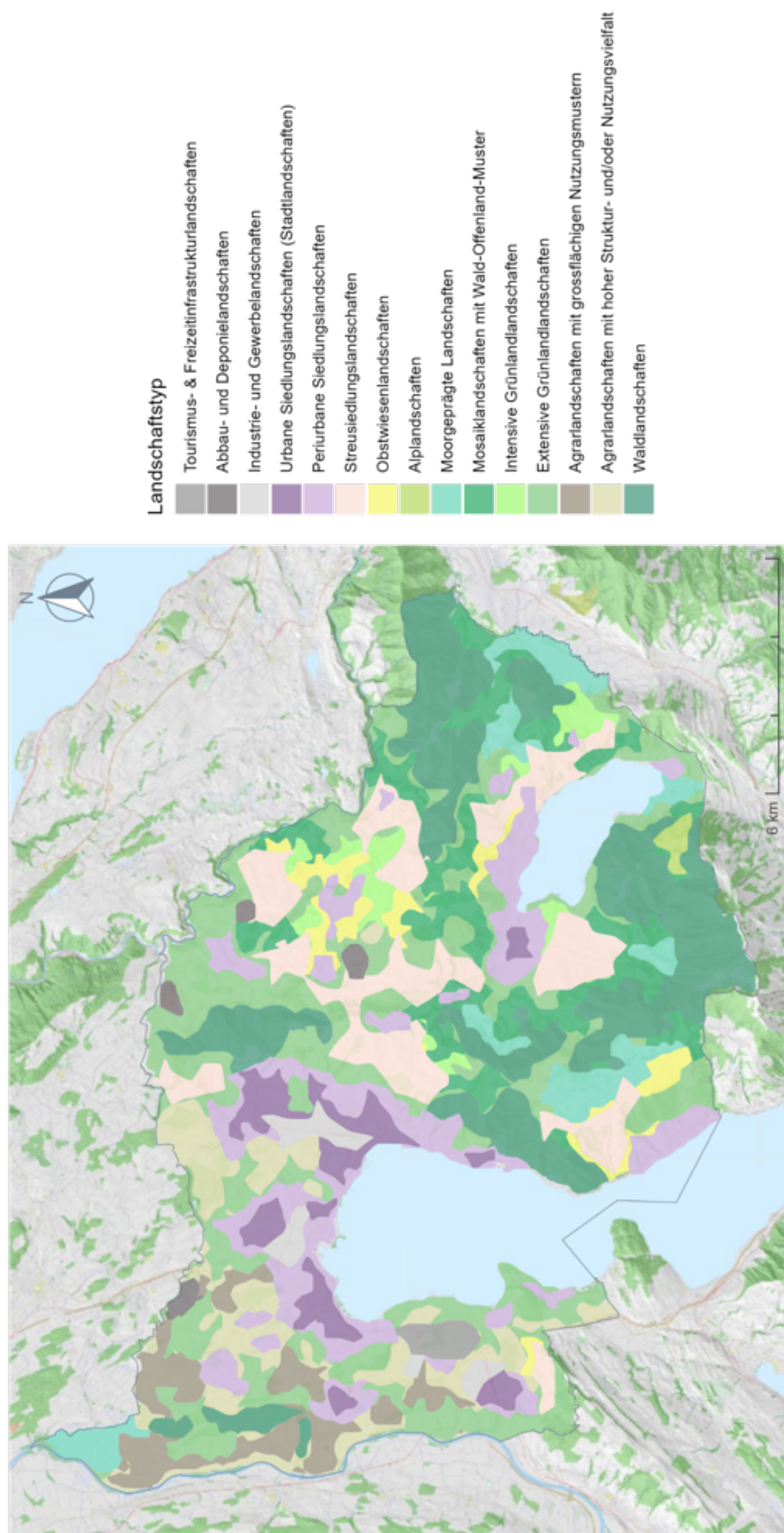


Abb. 13. Kartografische Umsetzung des Prototyps zur Landschaftscharaktertypisierung für den Kanton Zug.

3.4 Einbezug der gesellschaftlichen Wahrnehmung der charakteristischen Landschaften in der Pilotregion Kanton Zug

Zur Berücksichtigung der gesellschaftlichen Wahrnehmung charakteristischer Landschaften in der Typologie wurde die eine Integrationsmöglichkeit gewählt, bei welcher der Indikator 17 als Überlagerung der GIS-Daten zum Einsatz kommt (vergl. Kap. 2.3.7). Diese Art des Einbezugs der gesellschaftlichen Wahrnehmung in die Typologie bildet nicht nur die Räumlichkeit des Indikators 17 auf Gemeindeebene korrekt ab, sondern erlaubt auch den direkten Vergleich zwischen charakteristischen physischen Landschaftselementen, erfasst durch GIS-Daten, mit den durch die Bevölkerung wahrgenommenen Landschaftselementen in einer entsprechenden Landschaft. Die kartographische Darstellung der Überlagerung des Indikators 17 ermöglicht den visuellen Vergleich zwischen anhand biogeophysikalischer Geodaten vorliegenden und effektiv wahrgenommenen charakteristischen Landschaftselementen und macht damit Gemeinsamkeiten und Unterschiede der beiden Ansätze zur Landschaftscharaktertypisierung sichtbar. Dabei sind drei Szenarien denkbar: 1) die räumliche Verortung charakteristischer Landschaften anhand der GIS-Daten stimmt mit der Wahrnehmung entsprechender Landschaftselemente in einer Gemeinde überein; 2) Landschaftscharaktertypen werden aufgrund physischer Landschaftsmerkmale identifiziert aber gesellschaftlich nicht als typisch wahrgenommen; 3) Landschaftselemente werden in einer Gemeinde durch die Bevölkerung als charakteristisch beurteilt, aber ein entsprechender Landschaftscharaktertyp wurde basierend auf physischen Landschaftsmerkmalen nicht kartiert.

Mittels Jaccard-Index (Ähnlichkeit von Mengen) wurde für den Kanton Zug die Übereinstimmung zwischen kartierten Landschaftscharaktertypen und, den Landschaftscharaktertypen entsprechenden, wahrgenommenen Landschaftselementen pro Gemeinde berechnet (Tab. 9). Hierzu wurde jeweils für einen Landschaftscharaktertyp und entsprechende wahrgenommene Landschaftselemente gezählt, in wie vielen und welchen Gemeinden diese auftreten. Ein wahrgenommenes Landschaftselement wurde dann gezählt, wenn dieses in einer Gemeinde mindestens einen Wert von 0.5 (Skala 0–1) aufwies und damit als mittel bis stark charakteristisch durch die Bevölkerung wahrgenommen wird.

Tab. 9. Häufigkeiten (Anzahl Gemeinden, in welchen ein Landschaftscharaktertyp und ein entsprechendes Landschaftselement auftritt oder nicht) und Jaccard-Index mit Werten von 0 (keine Übereinstimmung) bis 1 (volle Übereinstimmung) für die GIS-basierte Kartierung von Landschaftscharaktertypen und die gesellschaftlich wahrgenommenen Landschaftselemente in den 11 Gemeinden des Kantons Zug.

Landschaftscharaktertyp	Auftreten GIS-Kartierung	Landschaftselement Indikator 17	Auftreten gesellschaftliche Wahrnehmung	Jaccard-Index (0-1)
Waldlandschaften	9/11	Wald	11/11	0.82
Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster	7/11	Wald	11/11	0.64
		Wiesen, Äcker und Felder	11/11	0.64
Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und / oder Nutzungsvielfalt	7/11	Wiesen, Äcker und Felder	11/11	0.64
Agrarlandschaften mit grossflächigen Nutzungsmustern	4/11	Wiesen, Äcker und Felder	11/11	0.36
Extensive Grünlandschaften	11/11	Wiesen, Äcker und Felder	11/11	1.00
Intensive Grünlandschaften	6/11	Wiesen, Äcker und Felder	11/11	0.55
Moorgeprägte Landschaften	6/11	Moore	1/11	0.17
Streusiedlungslandschaften	8/11	Streusiedlungen	1/11	0.12
Industrie- und Gewerbelandschaften	6/11	Industrie- und Gewerbeanlagen	6/11	1.00
Periurbane Siedlungslandschaften	11/11	Hochhäuser	2/11	0.18
		Wohnquartiere	11/11	1.00
	11/11	Historischer Dorf-/Stadtkern	2/11	0.18
Urbane Siedlungslandschaften (Stadtlandschaften)	7/11	Hochhäuser	2/11	0.29
		Wohnquartiere	11/11	0.64
		Historischer Dorf-/Stadtkern	2/11	0.12

Die Werte des Jaccard-Index sollen jedoch mit Vorsicht interpretiert werden, da lediglich das alleinige Auftreten (tritt auf/tritt nicht auf) und nicht der Flächenanteil eines Landschaftscharaktertyps in einer Gemeinde miteinbezogen wurde. Alternativ könnten die Flächenanteile anhand der auf biogeophysikalischen

Geodaten kartierten charakteristischen Landschaftscharaktertypen verwendet werden. Auch der gewählte Grenzwert von 0.5, ab dem ein Landschaftselement als charakteristisch gilt, könnte höher oder tiefer angesetzt werden. Dies beeinflusst massgeblich, welche Gemeinden einbezogen werden und welche nicht. Die Anwendung des Jaccard-Index soll deshalb hier in erster Linie als Vorschlag für ein mögliches Mass zur quantitativen Untersuchung des Übereinstimmungsgrades zwischen anhand biogeophysikalischer Geodaten kartierten und wahrgenommenen Landschaften gelesen werden. Der Indikator 17 in seiner weiterentwickelten Form wird zukünftig eine räumlich explizite Zuordnung und damit genauere Untersuchung von der Übereinstimmung zwischen anhand biogeophysikalischer Geodaten kartierten und wahrgenommenen Landschaften ermöglichen. Nachfolgende Beispiele zeigen die Überlagerung der gesellschaftlichen Wahrnehmung charakteristischer Merkmale mit der anhand biogeophysikalischer Landschaftsmerkmale generierten Typologie für die Pilotregion und veranschaulichen diese beschreibend und visuell (Abb. 14).

Beispiel A) moorgeprägte Landschaften im Kanton Zug

Moorgeprägte Landschaften liegen anhand der Typenbildung basierend auf GIS-Daten für den Kanton Zug überwiegend in den Gemeinden Hünenberg, Walchwil, Unterägeri und Oberägeri vor. Gesellschaftlich als eher charakteristisch wahrgenommen werden Moore jedoch nur in der Gemeinde Oberägeri. In Walchwil, Unterägeri, Menzingen und Neuheim scheinen Moore durch die Bevölkerung als gering bis mittel charakteristisch wahrgenommen (Abb. 14). Moorgeprägte Landschaften als Landschaftscharaktertyp anhand biogeophysikalischer und wahrgenommener Landschaftsmerkmalen stimmt in der Gemeinde Oberägeri gut überein, für die übrigen identifizierten moorgeprägten Landschaften im Kanton Zug weichen deren anhand biogeophysikalischer Geodaten kartiertes Vorkommen und die gesellschaftliche Wahrnehmung voneinander ab. Die räumliche Divergenz zwischen kartiertem Landschaftscharaktertyp und als charakteristisch wahrgenommenen Moore wird auch in einem tiefen Jaccard-Index Wert von 0.17 abgebildet (Tab. 9).

Beispiel B) Streusiedlungslandschaften im Kanton Zug

Streusiedlungslandschaften sind gemäss der Kartierung der entwickelten Typologie hauptsächlich in den Bergregionen (Oberägeri, Unterägeri, Menzingen und Neuheim), entlang des östlichen Ufers des Zugersees (Zug, Walchwil) sowie in der Talgemeinde Baar und Risch verbreitet. Ähnlich wie bei den moorgeprägten Landschaften werden Streusiedlungen insbesondere in der Gemeinde Oberägeri als charakteristisch wahrgenommen. Als leicht bis mittel charakteristisch nimmt zudem die Bevölkerung in den Gemeinden Risch, Hünenberg, Cham, Bar, Menzingen und Neuheim Streusiedlungen wahr. Im Gegensatz zur physischen Kartierung wird in Unterägeri, Walchwil und Zug das Landschaftselement hingegen kaum als charakteristisch betrachtet. Auch hier wird eine räumliche Divergenz (Jaccard-Index von 0.12) zwischen anhand biogeophysikalischer Daten kartierten und wahrgenommenen charakteristischen Landschaften sichtbar (Abb. 14). Eine mögliche Erklärung für diese Unterschiede könnte auch im gesellschaftlichen und expert:innenbasierten Verständnis einer Streusiedlungslandschaft liegen. Die expert:innenbasierte Differenzierung zwischen Streusiedlungslandschaften und ländlichen Dörf- und Weilerlandschaften deckt sich möglicherweise nicht mit der Wahrnehmung durch die Bevölkerung.

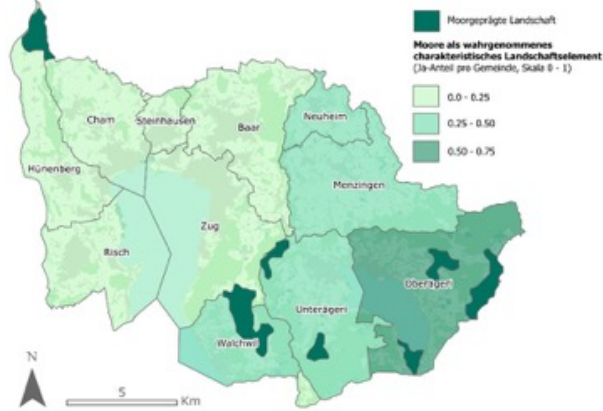
Beispiel C) Industrie- und Gewerbeflandschaften im Kanton Zug

Industrie- und Gewerbeflandschaften weisen eine gute Übereinstimmung zwischen anhand biogeophysikalischen Daten kartierter und wahrgenommener Landschaft auf. Der ausschliesslich in den Talgemeinden kartierte Landschaftscharaktertyp wird auch überwiegend in diesen Gemeinden als charakteristisch wahrgenommen. Besonders der Fall ist dies für die Gemeinden Risch, Cham und Baar (Abb. 14).

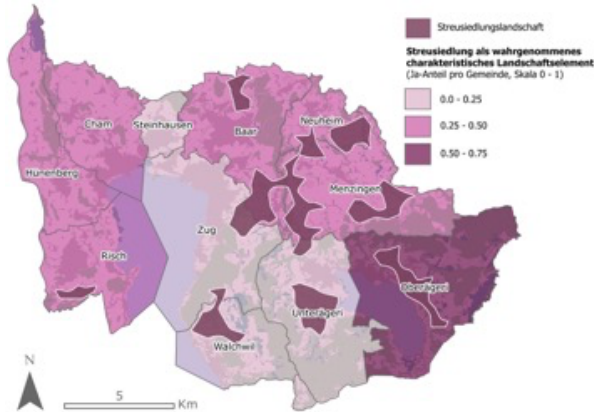
Beispiel D) Urbane Siedlungslandschaften im Kanton Zug

Während in den drei vorherigen Beispielen dem entsprechenden Landschaftscharaktertyp jeweils ein wahrgenommenes Landschaftselement eindeutig zuordbar war, verfügt der Indikator 17 in seiner ursprünglichen Form über kein klar zuteilbares Landschaftselement zum Typ urbane Siedlungslandschaften. Hochhäuser bilden jedoch ein Landschaftselement, welches in solchen Landschaftscharaktertypen auftritt. Tatsächlich stimmt die physische Kartierung urbaner Siedlungslandschaften einigermaßen mit der Verteilung der Wahrnehmung von Hochhäusern als charakteristisch überein. Als besonders charakteristisch werden diese in den Gemeinden Zug und Risch wahrgenommen, in den Berggemeinden hingegen kaum (Jaccard-Index von 0.29).

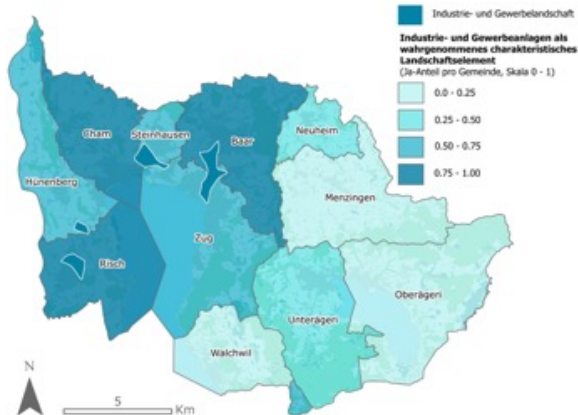
A) Moorgeprägte Landschaft



B) Streusiedlungslandschaft



C) Industrie- und Gewerbeflandschaften



D) Urbane Siedlungslandschaft

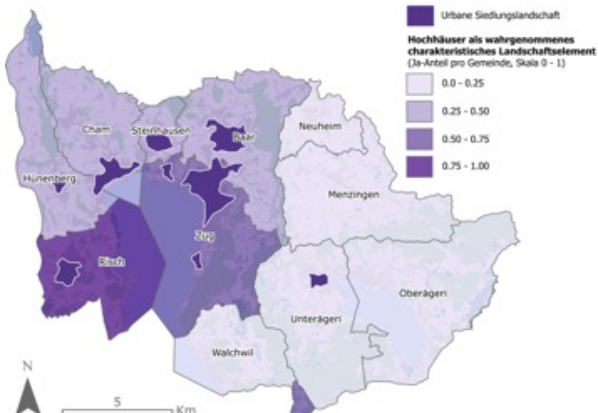


Abb. 14. Integration des Indikators 17 am Beispiel der vier Landschaftscharaktertypen A), B), C) und D) als überlagernder 'Top-Layer' im Kanton Zug. Dunkel eingefärbte Polygone zeigen jeweils die anhand physischer Landschaftsmerkmale kartierten charakteristischen Landschaften. Der Anteil an wahrgenommenen charakteristischen Landschaftselementen auf einer Skala von 0 (nicht charakteristisch) bis 1 (charakteristisch) wird als transparenter überlagernder Layer pro Gemeinde visualisiert. Externe Validierung und Plausibilisierung

3.4.1 Wichtigste Ergebnisse des Arbeitstreffens mit Vertreter:innen des Kantons Zugs während der Methodenentwicklungsphase

Im Rahmen des Arbeitstreffens mit dem Kanton Zug zeigte sich, dass das Relief und die Geomorphologie bislang methodisch zu wenig berücksichtigt wurden. Daher wurde der Faktor Geomorphologie als grundlegendes Element (Level 1) in die regelbasierte Klassifikation integriert (siehe Kap. 2.3.3). Sie wurde somit für die finale Typologie stärker berücksichtigt, da die Geomorphologie eine indirekte Wirkung auf Bewirtschaftung, Bebauung und weitere raumwirksame Prozesse hat.

Auch die Bedeutung der Sichtbarkeit von charakteristischen Landschaftselementen wurde intensiv diskutiert. Besonders bei ikonischen Landschaften, wie etwa Sakrallandschaften, reicht eine reine Pufferung oder die Darstellung als überlagernde Layer nicht aus, um deren Charakter und Bedeutung angemessen wiederzugeben. Zwar wurde die methodische Weiterentwicklung in diesem Bereich als wichtig erkannt, zugleich jedoch festgehalten, dass der zusätzliche Aufwand den Rahmen des aktuellen Projekts überschreiten würde. Für die Weiterentwicklung der Typologie bleibt die Berücksichtigung der Sichtbarkeit jedoch ein zentrales Thema.

Ein weiterer Diskussionspunkt betraf die Frage der Überlagerungen und wie damit kartografisch umgegangen werden sollte. Es wurden zwei verschiedene Ansätze diskutiert: Entweder Landschaften dürfen sich überlagern, sodass sie individuell dargestellt und flexibel hierarchisiert werden können, oder jeder Raumpunkt wird eindeutig einem einzigen Landschaftscharaktertyp zugewiesen, basierend auf einer festen Hierarchie (siehe Kap. 3.2). Beide Ansätze haben Vor- und Nachteile und können mit der entwickelten Methode umgesetzt werden. Im Sinne einer flexiblen Nutzung für unterschiedliche Fragestellungen ist eine flächendeckende Typisierung anzustreben, die auch Überlagerungen zulässt. Dadurch kann ein Produkt entstehen, das bedarfsorientiert angepasst werden kann, beispielsweise durch die Veränderung von Schwellenwerten einzelner Landschaftscharaktertypen, oder durch die Darstellung einzelner ausgewählter Typen. Eine eindeutige Zuweisung hingegen erfordert eine fixe Hierarchisierung der Landschaftscharaktertypen. Diese führt zu einer besseren Lesbarkeit und einfacheren Handhabung der Karte, beinhaltet aber eine Gewichtung, mit entsprechendem Informationsverlust.

3.4.2 Wichtigste Ergebnisse des Schlussworkshops mit Beteiligten aus BAFU und den involvierten Kantonen

Basierend auf den Ergebnissen des Schlussworkshops mit externen Expert:innen – und in weitgehender Übereinstimmung mit den Ergebnissen des ersten Arbeitstreffens sowie den internen Diskussionen – sollten hinsichtlich der Weiterentwicklung der Methode sowie einer geplanten schweizweiten Anwendung folgende Faktoren berücksichtigt werden:

Begriffe und Definitionen: Die Landschaften müssen nach Ansicht der Expert:innen klar und einheitlich definiert werden. Dies gilt sowohl für den Austausch und die Anwendung in Fachkreisen, aber auch mit der allgemeinen Bevölkerung (zum Beispiel in der Kommunikation oder bei Befragungen). Landschaften, in denen Missverständnisse auftreten oder unterschiedliche Vorstellungen besehen könnten sind zum Beispiel Streusiedlungslandschaften (vs. Weilerlandschaft vs. zersiedelte Landschaft), Flusslandschaften (z. B. was gehört dazu: Fokus auf historische Perspektive, Geomorphologie oder im Sinne der Sichtbarkeit) oder historische Kulturlandschaften von baukulturellem Wert. In der gesamtschweizerischen Sicht müssen die Definitionen und Begriffe auch in allen Landessprachen gleich, resp. vergleichbar sein. Wichtig ist zudem, dass die Bezeichnungen keine Wertung beinhalten.

Regionale Besonderheiten: Obschon in einer schweizweiten Anwendung eine Einheitlichkeit des Vorgehens und der Terminologie unerlässlich ist, muss nach Meinung der Schlussworkshopteilnehmenden das Verfahren Platz für regionale Besonderheiten und Anpassungen haben. So kommen gewisse Landschaften 1) nur in einzelnen Kantonen vor, 2) sind methodisch komplex, aber von grosser Bedeutung in einer Region oder 3) bilden bestimmte regionale Landschaftsentwicklungsziele ab. Diese Landschaften müssen unbedingt abgebildet werden können. Zudem sollte es hinsichtlich der Anwendung in einzelnen Kantonen möglich sein, die Landschaften, basierend auf der schweizweiten Vorlage, anders zu gewichten oder die Hierarchie anzupassen. Hier könnten auch die kantonalen Landschaftskonzeptionen beigezogen werden.

Wahrnehmung und Sichtbarkeit: Wie schon im ersten Workshop (siehe Kap. 3.4.1) wurde wiederum das Thema der Darstellung von linearen und punktuellen Elementen, die aufgrund ihrer Bedeutung eine eigene Landschaft prägen können (Sakrallandschaften, Flusslandschaften, Seenlandschaften, historische Kulturlandschaften von baukulturellem Wert und weitere) aufgegriffen. Wenn die Darstellung der Landschaften, wie nun bevorzugt, Überlagerungen zulässt, kann eine rudimentäre Pufferung zumindest das potenzielle Vorkommen aufzeigen. Eine Differenzierung dieser Landschaften (inkl. der Einbezug von Sichtbarkeitsanalysen) müsste in einem weiteren Schritt erfolgen. Auch die Herausforderung, dass Wahrnehmung nicht identisch ist mit Sichtbarkeit müsste diskutiert werden.

Massstab und Aggregation: Die Frage, ab welcher Ausdehnung eine Fläche als Landschaft bezeichnet werden kann, wurde im Workshop angesprochen, aber nicht vertiefter diskutiert und deshalb nicht abschliessend beantwortet. In der vorliegenden Arbeit werden Landschaften durch die Aggregation von Hektarzellen gebildet. Diese Hektarzellen müssen nah beieinander liegen (100–400 m), ausreichend häufig vorkommen (10–50 % Abdeckung des Landschaftspolygons) und eine zusammenhängende Fläche von 40–100 Hektaren bilden. Dabei wurden unterschiedliche Kriterien pro Typ festgelegt. Grundsätzlich erlaubt die entwickelte Methode das Vorkommen mehrerer Landschaftscharaktertypen am gleichen Ort und bietet somit eine grössere Flexibilität (im Gegensatz zu einer eindeutigen Zuordnung) in der Darstellung. So können Landschaftscharaktertypen je nach Ziel der Anwendung (z. B. Landschaften mit Aufwertungspotenzial) separat dargestellt werden. Eine weitere Herausforderung stellt sich, wenn das nationale Produkt auf der kantonalen Ebene verwendet werden soll oder umgekehrt. So kommen auf nationaler Ebene sicher grossflächigere Einheiten zum Tragen, was eine Aggregation notwendig machen kann, dies sowohl auf die Fläche bezogen, aber auch bezogen auf die Bezeichnung der Landschaftscharaktertypen. So könnte zum Beispiel eine Wytweidelandchaft, wie sie im Kanton Jura vorkommt, und eine Selvenlandschaft des Kantons Tessin in einer nationalen Aggregation die gleiche Signatur und/oder eine abstrahierte Bezeichnung erhalten.

Adressatengerechte Produkte: Grundsätzlich können, basierend auf dem Prototyp, drei Produkte resp. Nutzungsformate erarbeitet werden: 1) eine statische Karte, auf der jeder Punkt einer Landschaft zugeteilt ist. Solche Karten werden für einen bestimmten Zweck erstellt (z. B. für die Kommunikation der vorhandenen Landschaftscharaktertypen in einer bestimmten Region); 2) eine dynamisch-variable Darstellung. Diese erlaubt je nach Zielsetzung der Analyse eine Anpassung der Variablen und Schwellenwerte; 3) die separate Darstellung der Landschaftscharaktertypen, zum Beispiel für die zielgerichtete Erarbeitung von Landschaftsentwicklungszielen für bestimmte Typen. In allen drei Fällen wird das Produkt als zentrales Arbeitsinstrument für Fachpersonen (Expert:innen und Entscheidungsträger:innen) gesehen. Durch die gute Rückverfolgbarkeit und damit Nachvollziehbarkeit ist auch der kantonsübergreifende Austausch und Vergleich möglich. Von Seite BAFU wurde im Workshop spezifisch der Wunsch formuliert, die Diversität und die besonders herausragenden Landschaften der Schweiz aufzeigen und erhalten zu können (LKS-Ziel 5). Diese Diversität sollte somit in unserer Landschaftscharaktertypologie abgebildet sein.

Monitoringpotenzial: Die Projektidee, spezifische Landschaftscharaktertypen anhand eines klar definierten und transparenten Regelwerks herleiten zu können, sowie die Tatsache, dass die dafür notwendigen (Geo-)Daten schweizweit und regelmässig aktualisiert zur Verfügung stehen, bieten aus Sicht der Workshopeteilnehmenden die optimalen Voraussetzungen für ein detailliertes Monitoring der Landschaftscharaktertypen und ihrer räumlichen Verteilung in der Schweiz. Voraussetzung dafür ist ein genauer methodischer Rahmen, in welchem z. B. die Mindestgrösse der Landschaften, die spezifischen Landschaftscharaktertypen, Massstab, Schwellenwerte etc. geregelt werden. So stellt man die Vergleichbarkeit der Daten über die Schweiz, aber auch über die Zeit sicher und bereitet die Basis, für ein wissenschaftlich sauberes Monitoring. Idealerweise liesse sich dies in einem zweistufigen Verfahren herleiten: In einem ersten Schritt kann durch eine variabel-dynamische Landschaftscharaktertypisierung die Vielfalt der Schweizer Landschaften erhoben werden. Anschliessend folgt die Nachbearbeitung, welche eine schweizweite, statische und einheitliche Karte generiert. Dadurch wird die Karte mit vorherigen Zeitständen vergleichbar und das Monitoring erhält einen klaren methodischen Rahmen. Im Gegensatz zu einem dynamisch-variablen Produkt können bei einem nationalen Monitoring regionaltypische Gegebenheiten aber weniger berücksichtigt werden.

Stärkende und schwächende Faktoren sowie Typenwechsel: Im Hinblick auf ein Monitoring hat der Prototyp nach Einschätzung der Expert:innen das Potenzial, Schwellenwerte zu definieren, die eine Veränderung der Landschaftscharaktertypen (Entwicklung, aber auch Typenwechsel) aufzeigen können. Beispiele dazu könnten sein: Obstwiesenlandschaften, die zu intensiven oder extensiven Grünlandlandschaften werden, wenn eine bestimmte Anzahl Bäume pro Fläche unterschritten wird. Oder Streusiedlungsland-

schaften, die zu periurbanen Landschaften werden, wenn der Anteil an neuen Gebäuden in einem Raum einen bestimmten Prozentsatz überschritten hat. Die Definition von solch typstärkenden, resp. typschwächenden Faktoren ist auch ein wesentlicher Arbeitsschritt, wenn auf kantonaler Ebene Landschaftsentwicklungsziele festgelegt werden. Aber auch auf nationaler Ebene können solche Typenwechsel interessant sein, insbesondere wenn man eine erste Einschätzung vornehmen will, welche Landschaftscharaktertypen in der Schweiz zu- oder abnehmen, resp. wie deren Verteilung ist.

Darstellungsweise

Die zweckmässige Darstellung und das Kartenprodukt hängen von der Verwendung und den genauen Zielsetzungen ab. Überlagerungen bieten die Möglichkeit, die Informationsdichte der Karte zu erhöhen und auch regionalspezifische Eigenheiten sichtbar zu machen. Ein häufiges eingesetztes und auch am Workshop diskutiertes Layout-Element bei Landschaftscharaktertypisierung ist der verschwimmende Grenzverlauf zwischen verschiedenen Landschaftscharaktertypen. Dadurch vermittelt die Karte den Eindruck, dass die räumliche Ausprägung eines Typs bzw. dessen Charakter ein fließendes Kontinuum ist, welches sich schrittweise verändert. Je näher man sich im Grenzbereich eines einem Typen zugeordneten Landschaft aufhält, desto mehr wirken die darum herum liegenden Landschaften anderen Typs bzw. deren Qualitäten auf die betreffende Landschaft ein. Eine weitere diskutierte Möglichkeit der Darstellung ist die Mouse-Over-Funktion, die zusätzlichen Text einblendet, sobald man den Cursor über eine Landschaft führt.

4 Diskussion der Eignung des Prototyps und Ausblick

Die entwickelte Methode zeigt, dass eine gesamtschweizerische Landschaftscharaktertypisierung mit einem hohen räumlich-thematischen Detaillierungsgrad machbar ist und diese die Aussagekraft bestehender nationaler Typologien übertrifft. Gleichzeitig bringt der Ansatz konzeptionelle und methodische Herausforderungen mit sich, die in den folgenden Kapiteln vertieft werden.

Zentral für die Entwicklung einer Landschaftscharaktertypologie war die Frage, wie sich die Vielzahl einzelner Landschaftselemente zu kohärenten räumlichen Mustern und letztlich zu Landschaften zusammenführen lässt, die einem Landschaftscharaktertypen entsprechen. So bildeten als Ausgangslage einzelne Landschaftselemente (Eingangsvariablen) die Grundlage für die Identifikation, Klassierung und Kartierung der den verschiedenen Typen angehörenden Landschaften. Die Landschaftselemente lassen sich, in Anlehnung an die Metapher einer Mustersprache (*Landscape Pattern Language* nach Wang [2022]), als «Worte» begreifen (z. B. Obstbaum, Fluss, Hecke, Acker). Als kleinräumige, eindeutig identifizierbare Einheiten ist ihre räumliche Auflösung hoch, ihre räumliche Ausdehnung hingegen eher gering. Es galt nun diese Elemente in einem grösseren Massstab als zusammenhängende räumliche Muster zu verstehen, in Beziehung zueinander zu setzen und damit von einfachen Phrasen und Sätzen (z. B. ein Fluss entlang einer Wiese mit Obstbäumen, Hecken und Acker) zu komplexen räumlichen Mustern (z. B. Obstwiesenlandschaft oder Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und / oder Nutzungsvielfalt) zu gelangen. Diese lassen sich in Analogie zu sprachlichen «Kapiteln» oder «Geschichten» verstehen, in denen mehrere Einzelmuster vielschichtige Landschaften als physische und sozial wahrgenommene Räume bilden. Die methodische Herausforderung lag darin, diese visuell-intuitiv erkennbaren Muster in ein regelbasiertes Verfahren für die Kartierung zu überführen. Dies erforderte ein gemeinsames Verständnis der verschiedenen Abstraktionsebenen (vom «Wort» über «Phrase/Satz» bis hin zu «Kapitel/Geschichte»), welches nicht zuletzt durch den Einbezug der vier Säulen in das Projekt im iterativen Prozess ausgehandelt wurde.

Dieses Verständnis liegt den Überlegungen zugrunde, wie Landschaftscharaktertypen systematisch definiert und entsprechende Landschaften abgegrenzt werden können. Es bestimmt auch die Wahl geeigneter Klassifikationsverfahren, welche die Schwierigkeit bestmöglich bewältigen, physische mit gesellschaftlich wahrgenommenen Landschaftsmerkmale zu verknüpfen. Diese Aspekte sind entscheidend für die künftige Weiterentwicklung der Methode und einer schweizweiten Umsetzung.

4.1 Definition von Landschaftscharaktertypen

Der Prozess der Verwendung von spezifischen Landschaftselementen zur Definition von generischen Landschaftscharaktertypen, die eine räumlich-explizite Ausprägung in Form von Landschaften, die diesen Typen entsprechen, haben können, stellte sich konzeptionell und methodisch als nicht trivial heraus. Dies lag insbesondere an der erforderlichen hohen Detailgenauigkeit in der Beschreibung der Landschaftscharaktertypen, welche die anschliessende räumliche Anwendung erlaubte (siehe Kap. 4.2), sowie der Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung von Landschaftscharakter.

Die Entwicklung einer Landschaftscharaktertypologie braucht ein gemeinsames Verständnis der verschiedenen Typen von Landschaftscharakter. Eine Stärke des ganzheitlichen Ansatzes anhand der vier Säulen ist daher die Herausarbeitung regionsspezifischer – aber auch potenziell national bedeutender – Landschaftscharaktertypen. Neben den Beschreibungen der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz wirkten der Austausch mit kantonalen Expert:innen sowie die Sichtung kantonaler Landschaftskonzeptionen in der Identifikation und Definition solcher regionsspezifischen Landschaftscharaktertypen unterstützend und dienten zugleich als Validierung der von uns entwickelten Typologie. Letzteres wurde besonders für identifizierte Landschaftscharaktertypen wichtig, welche im Rahmen der Typologie-Entwicklung (z. B. mittels der unüberwachten Klassifikation) kartiert wurden, als solche aber nicht durch den Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz beschrieben sind.

Ein umfassendes Verständnis von Landschaftscharaktertypen und besonders die Definition und Vereinheitlichung der Typen für die gesamte Schweiz könnte zukünftig auch durch moderne Methoden des maschinellen Lernens anhand von Text-Mining und Natural-Language-Processing unterstützt werden (siehe auch Kap. 4.2.2). Beispielsweise würde eine multilinguale semantische Analyse erlauben, Beschreibungen charakteristischer Landschaften unterschiedlicher Kantone inhaltlich miteinander zu vergleichen und aufgrund dessen ähnliche Landschaftscharaktertypen mittels Clusterung zu gruppieren, auch wenn die

Landschaftsbeschreibungen in unterschiedlichen Sprachen und mit variierenden Begriffen vorliegen. Durch einen solchen auf maschinellem Lernen basierenden sprachlichen Zugang könnten sowohl landesweit bedeutende als auch regional spezifische Landschaftscharaktertypen identifiziert und definiert werden (z. B. mittels keyword extraction). Die Umsetzung dieses Ansatzes dürfte jedoch mit einigen Herausforderungen verbunden sein. Insbesondere wäre eine umfangreiche Aufbereitung der Daten sowie eine sorgfältige Validation der automatisch erkannten Gruppen von Landschaftscharaktertypen durch Fachexpert:innen erforderlich.

Die inhaltliche Bestimmung von Landschaftscharaktertypen bildete die Grundlage für die räumliche Abgrenzung der ihnen zugeordneten Landschaften (siehe auch Kap. 4.2).

4.2 Räumliche Implementierung der Typologie

4.2.1 Komplementarität von unüberwachter und regelbasierter Klassifikation

Die beiden im Projekt angewandten Klassifikationsansätze, unüberwacht und regelbasiert, haben sich als komplementär erwiesen. Die unüberwachte Klassifikation ermöglichte eine explorative Analyse räumlicher Muster und lieferte wertvolle Hinweise auf potenzielle Landschaftscharaktertypen sowie auf die Relevanz einzelner Variablen. Gleichzeitig zeigten sich aber auch die Grenzen dieses Ansatzes: Unüberwachte Verfahren bilden Cluster rein datengetrieben, ohne dass vorab definierte Landschaftscharaktertypen als Zielklassen vorgegeben sind. Die resultierenden Cluster spiegeln daher statistische Ähnlichkeiten wider, die nicht immer mit fachlich sinnvollen Landschaftscharaktertypen übereinstimmen. Zudem sind eine gezielte Steuerung und Anpassung der Klassifikation kaum möglich. Die regelbasierte Klassifikation ermöglichte hingegen die gezielte Umsetzung fachlich klar definierter, teils sehr spezifischer und kleinräumiger Typen. Sie bietet damit Vorteile in Bezug auf Nachvollziehbarkeit, Reproduzierbarkeit und Übertragbarkeit. Ein weiterer Vorteil liegt in der Flexibilität: Regeln können angepasst werden, wenn bestimmte Typen noch nicht zufriedenstellend abgebildet sind, und neue Landschaftscharaktertypen lassen sich durch die Ergänzung entsprechender Regelwerke integrieren.

4.2.2 Potenzial von maschinellem Lernen und probabilistischen Ansätzen

Die Entscheidung für einen regelbasierten Ansatz erfolgte bewusst, da für viele Landschaftscharaktertypen keine geeigneten Trainingsdaten vorlagen, um ein überwachtes Verfahren des maschinellen Lernens anzuwenden. Dennoch wäre eine zukünftige Ergänzung oder Implementierung einer überwachten Klassifikation (engl. «supervised classification») denkbar. Voraussetzung dafür ist jedoch eine klare Definition der Landschaftscharaktertypen, damit Referenzflächen nach einheitlichen Kriterien ausgewiesen werden können. Erst auf dieser Basis lässt sich ein Trainingsset für maschinelles Lernen aufbauen. Der Aufwand des Erstellens von Training- und Testdaten könnte sich insbesondere bei Typen lohnen, die sich nur schwer durch Schwellenwerte definieren lassen oder bei denen komplexe Interaktionen zwischen Variablen bestehen. Ein möglicher Weg wäre, dass Expert:innen Landschaftscharaktertypen auf Karten einzeichnen, um ein Trainingsset zu generieren (siehe Beispiel Referenzhektaren in Abb. 4). Eine systematische Erhebung von räumlich expliziten Referenzlandschaften könnte auch für die Beleuchtung von regionalen Besonderheiten und Unterschieden verwendet werden (z. B. Übereinstimmung der Abgrenzung durch die Expert:innen). Darauf aufbauend könnten verschiedene statistische Verfahren und maschinelles Lernen eingesetzt werden, um sowohl die Klassifikation als auch die räumliche Kohärenz der Abgrenzung zu verbessern. Mit einem Ansatz des maschinellen Lernens wie dem Random-Forest-Algorithmus oder vergleichbaren Methoden liessen sich anstelle einer binären Zuordnung pro Hektarzelle auch Klassenwahrscheinlichkeiten berechnen. Dies würde nicht nur die Interpretation von Übergangsbereichen und Überlagerungen mehrerer Landschaften erleichtern, sondern auch eine probabilistische Aggregation zu Landschaftspolygonen ermöglichen. Zusätzlich könnte der stärkere Einbezug räumlicher Kontextinformationen die Klassifikation von weitläufigen und mosaikartigen Landschaftscharaktertypen verbessern. Allerdings bringt der Einsatz von maschinellem Lernen auch Herausforderungen mit sich. Die Steuerung und Interpretation werden komplexer als bei einem regelbasierten Ansatz. Während einfache Regeln wie «mehr als fünf Bäume und mindestens 50 % Weidenutzung» leicht nachvollziehbar sind, beruhen statistische Modelle auf zahlreichen Variablen und deren Interaktionen. Das kann zwar zu präziseren Abgrenzungen führen, erschwert jedoch Transparenz, Nachvollziehbarkeit und eine gezielte Anpassung.

4.2.3 *Bildung von zusammenhängenden Landschaften*

Für die Aggregation von Hektarzellen zu Landschaften wurde das Alpha-Shape-Verfahren eingesetzt. Dieses Verfahren bietet den Vorteil, dass sich der Grad der Generalisierung über klar definierte Parameter steuern lässt, was eine flexible Anpassung an unterschiedliche Landschaftscharaktertypen einfach möglich macht. Das Verfahren ist zudem rechnerisch effizient und gut reproduzierbar. Allerdings ist die Methode stark parameterabhängig und erzeugt teilweise künstliche Formen, die nicht immer den realen Landschaftsstrukturen entsprechen. Zudem basiert sie ausschliesslich auf der räumlichen Nähe von Hektarzellen und berücksichtigt keine zusätzlichen Kontextinformationen. Als Alternative bieten sich Segmentierungsverfahren an, beispielsweise die objektbasierte Bildanalyse (GEOBIA) auf Basis von Luft- oder Satellitenbildern. Diese Ansätze können zusätzliche Kontextinformationen einbeziehen und dadurch tendenziell realitätsnähere Grenzen erzeugen. Allerdings ist ihre Parametrisierung komplex, insbesondere bei grossflächigen und mosaikartigen Landschaften, und der Rechenaufwand deutlich höher. Weiter könnten auch Deep-Learning-Methoden für die semantische Segmentierung eingesetzt werden, um Landschaftscharaktertypen direkt aus Bilddaten abzuleiten. Solche Verfahren versprechen eine höhere Automatisierung, erfordern jedoch grosse Trainingsdatensätze und sind in der Anwendung weniger transparent. Während die beschriebenen alternativen Ansätze theoretisch realitätsnähere und kontextsensitivere Abgrenzungen ermöglichen, sind sie aufgrund ihrer Komplexität nicht klar praxistauglicher. Der Alpha-Shape-Ansatz bleibt daher attraktiv, weil er einfach, schnell und transparent ist, auch wenn evtl. zusätzliche Nachbearbeitungsschritte nötig sind, um die Landschaftsgrenzen stärker an reale Strukturen anzupassen.

4.2.4 *Statisches vs. dynamisches Produkt*

Eine Grenze der angewandten Methode besteht in der Frage, welches Produkt sich besser für eine breite Akzeptanz und Nutzung eignet. Die Darstellung der räumlichen Ausprägung der Landschaftscharaktertypologie in Form einer statischen Karte – und damit die eindeutige Zuweisung jedes Raumpunktes zu einem entsprechenden Landschaftscharaktertypen – erfordert unweigerlich eine Hierarchisierung sowie eine Gewichtung dieser Typen nach bestimmten Kriterien. Die Festlegung dieser Kriterien und damit der Hierarchie bestimmt massgeblich, welche Landschaftscharaktertypen kartographisch abgebildet werden und folglich in einer Region auch an landschaftspolitischer Relevanz gewinnen oder verlieren können. Im Rahmen dieses Projekts wurde im Sinne einer statischen Karte die Hierarchie so gewählt, dass eine starke räumliche Überlappung vermieden wurde. Entsprechend kamen Landschaftscharaktertypen mit kleiner räumlicher Ausdehnung über solchen mit grosser räumlicher Ausdehnung zu liegen. Alternativ könnten die Kriterien zur Festlegung der Hierarchie beispielsweise auch ausschliesslich durch regionale Landschaftsentwicklungsziele geleitet werden, wobei einzelne Landschaftscharaktertypen in Abhängigkeit der Landschaftsentwicklungsziele eine höhere oder tiefere Gewichtung erfahren würden. Das Ergebnis einer solchen Karte hängt daher stark von verschiedenen Faktoren ab, wie etwa einer landesweit einheitlichen Beschreibung der Landschaftscharaktertypen oder der gewählten Hierarchie zwischen ihnen. Eine statische Karte hat jedoch den Vorteil, unverändert zu bleiben und von unterschiedlichen Nutzer:innenn eindeutig referenziert werden zu können.

Eine dynamische Karte bietet mehr Flexibilität; bei einer solchen Karte, wie dies beispielsweise anhand der Shiny-App möglich ist, muss eine Hierarchisierung und damit Priorisierung von bestimmten Landschaftscharaktertypen über anderen nicht vorgenommen werden. Ein Standort kann mehreren Landschaftscharaktertypen zugeordnet sein, die Typen können einzeln untersucht werden und der Massstab lässt sich wie gewünscht variieren – ohne dabei die wesentlichen Informationen über die Definition eines Typs zu verlieren. Die [Land Characterization System Software](#) der Food and Agriculture Organization (FAO) ist ein Beispiel für ein solches interaktives Werkzeug, das die dynamische Erstellung oder Anpassung von Land Cover Klassen ermöglicht, die mit einem Standard kompatibel sind und semantische Interoperabilität sicherstellen. Ein vergleichbares Instrument könnte für die Typologie der charakteristischen Landschaften der Schweiz entwickelt werden, sodass kantonale Fachstellen auf nationale Definitionen zugreifen können und – falls nötig – Parameter wie Schwellenwerte anpassen, damit die räumliche Abbildung die Landschaftsrealität ihres Kantons besser widerspiegelt. Eine weitere dynamische Anwendungsmöglichkeit wäre eine Karte, auf welcher Nutzer:innen in interaktiver Weise Punkte auswählen können und für diese graphisch visualisiert – beispielsweise mittels Pie-Charts – den Anteil der an diesen Punkten vorliegenden Landschaftscharaktertypen erhalten. Der Anwendungszweck der Landschaftscharaktertypologie bestimmt also entscheidend mit, welche Landschaftscharaktertypen wie dargestellt werden.

4.2.5 Übertragbarkeit und Anwendung des Prototyps auf weitere Kantone

Die auf Basis des Kantons Zug entwickelte Methode ist technisch grundsätzlich auf die gesamte Schweiz übertragbar. Die verwendeten Geodaten wurden so ausgewählt, dass sie schweizweit verfügbar sind, was eine einheitliche Anwendung ermöglicht. Sämtliche in Anhang 6.2 beschriebenen Variablen wurden landesweit auf Hektarebene berechnet und erlauben eine konsistente Durchführung der regelbasierten Klassifikation sowie der anschliessenden Schritte der Aggregation zu Landschaften und Hierarchisierung.

Die erfolgreiche technische Umsetzung für die Kantone Graubünden und Waadt belegt denn auch die Anwendbarkeit des Prototyps über den Kanton Zug hinaus (Anhang 6.5 für die entsprechende exemplarische Karten der charakteristischen Landschaften für GR und VD). In Graubünden zeigte sich allerdings auch, dass die auf Zug entwickelte Typologie alpine Landschaften nur teilweise abbildet und einige Typen, wie Obstwiesenlandschaften, überrepräsentiert sind. Dennoch wurde die resultierende Karte von der kantonalen Fachperson als grundsätzlich plausibel beurteilt. Für den Kanton Waadt konnte lediglich eine erste, oberflächliche Prüfung durchgeführt werden. Diese deutet darauf hin, dass die Übertragung der Zuger Regelwerke grundsätzlich gut funktioniert und nahezu das gesamte Kantonsgebiet in sinnvoller Weise verschiedenen für Zug ausgewiesenen Landschaftscharaktertypen zugeordnet werden kann. Eine vertiefte Beurteilung der Passgenauigkeit war aufgrund begrenzter Ressourcen nicht möglich, wäre jedoch für eine fundierte Validierung für eine schweizweite Übertragbarkeit erforderlich. Gleichzeitig könnte anhand der Bearbeitung anderer Kantone auch die Karte von Zug im Sinne von schweizweit einheitlichen Landschaftscharaktertypen optimiert werden.

Insgesamt zeigt der Prototyp ein hohes Potenzial für eine schweizweite Anwendung. Regionale Anpassungen der Schwellenwerte und gegebenenfalls der Parameter in der Landschaftsabgrenzung dürften jedoch notwendig sein, um eine optimale Abbildung der Landschaften in unterschiedlichen Regionen sicherzustellen.

4.3 Möglichkeiten und Grenzen der Verknüpfung von physisch und gesellschaftlich wahrgenommenem Landschaftscharakter

4.3.1 Konzeptionelle und methodische Limitationen in der Integration des aktuellen Indikators 17 von LABES2

Die Integration des Indikators 17 in die erarbeitete Landschaftscharaktertypologie für den Kanton Zug zeigte deutlich die Limitationen des Indikators in seiner ursprünglichen Form (Stand LABES 2) hinsichtlich der Verknüpfung mit physischen Daten zur Landschaft, eines direkten Einbezugs in die regelbasierte Klassifikation und einer räumlichen Darstellung. Nur wenige der Landschaftselemente konnten den entwickelten Landschaftscharaktertypen und damit physischen Merkmalen der Landschaft eindeutig zugeordnet werden. Beispielsweise vereint das im Indikator abgefragte Element 'Wiesen, Äcker und Felder' bereits mehrere Landschaftselemente, welche unterschiedlichen Landschaftscharaktertypen und physischen Landschaftsmerkmalen zugeordnet werden können (z. B. intensives oder extensives Grünland, Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt oder Agrarlandschaften mit grossflächigen Nutzungsmustern). Auch die beiden wahrzunehmenden Landschaftselemente 'Hochhäuser' und 'Wohnquartiere' bilden die Landschaftscharaktertypen 'Periurbane Siedlungslandschaften' und 'Urbane Siedlungslandschaften' ungenügend ab. Für einige der neu entwickelten Landschaftscharaktertypen fehlten zudem entsprechende Landschaftselemente im Indikator 17 und damit die Ebene der gesellschaftlichen Wahrnehmung für diese Landschaftscharaktertypen. Dies traf häufig auf Typen innerhalb von Mischtexturen, der Agrartextur oder für sehr regionsspezifische Typen zu, beispielsweise für Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster, Obstwiesenlandschaften, Alplandschaften oder auch Tourismus- und Freizeitinfrastrukturlandschaften. Diese Beispiele stehen exemplarisch für die fehlende Differenziertheit des Indikators und damit dessen limitierte Möglichkeit, regionale und kleinräumige Unterschiede in der wahrgenommenen Landschaft zu adressieren.

Die beschränkte Auswahl an abgefragten Landschaftselementen im Indikator 17 limitierte auch die Möglichkeiten eines direkten Einbezugs dieser in die regelbasierte Klassifikation. Die Ebene der gesellschaftlichen Wahrnehmung konnte daher nicht in die Klassifikation aller Landschaftscharaktertypen einfließen. Obwohl eine solche Integration des Indikators in die Klassifikation grundsätzlich möglich ist, wurde dieser

Ansatz einerseits aufgrund der mangelnden (eindeutigen) Zuordnungsmöglichkeiten von wahrgenommenen Landschaftselementen zu physischen Landschaftsmerkmalen und andererseits aus konzeptionellen Überlegungen heraus im Rahmen des Prototyps nicht weiterverfolgt. Beispielsweise wurde die Ebene der gesellschaftlichen Wahrnehmung der Landschaft als Entscheidungshilfe in der Typenabgrenzung bei sich überlappenden Landschaftscharaktertypen diskutiert. In der Rolle als Entscheidungshilfe in der Klassifikation käme dem Indikator 17 damit entscheidendes Gewicht in der Kartierung einer räumlich expliziten, typentrennscharfen Landschaftscharaktertypologie zu. Wie viel Gewicht der gesellschaftlichen Wahrnehmung zugeteilt wird, ist jedoch von Interessensgruppen und der jeweiligen Zielanwendung der Landschaftscharaktertypologie abhängig. Es stellt sich daher die grundsätzliche Frage, inwiefern die Landschaftscharaktertypologie durch eine direkte Integration des Indikators 17 in der regelbasierten Klassifikation an Qualität gewinnt oder der Informationsgewinn gerade in der Sichtbarkeit von Gemeinsamkeiten und Unterschieden von wahrgenommener und physischer Landschaft liegt.

Letztlich liegt auch im Raumbezug des Indikators 17 eine Limitation. Da die Erhebung auf Gemeindeebene erfolgte, ist die gesellschaftliche Wahrnehmung der Landschaft insbesondere in Gemeinden mit geringer Wohnbevölkerung in der Landschaftscharaktertypologie tendenziell wegen der zu kleinen Stichprobe quantitativ zu gering abgestützt und nicht repräsentativ für die entsprechenden Gemeindebevölkerung. Der wahrgenommene Landschaftscharakter kann daher von einzelnen Perspektiven in der Gemeinde dominiert und damit verzerrt sein. Hinzu kommt, dass die gesellschaftliche Wahrnehmung jeweils der gesamten Landschaft einer Gemeinde zugeordnet wird – unabhängig davon, ob sich diese Wahrnehmung tatsächlich auf Landschaftselemente innerhalb der Gemeindegrenzen bezieht. Daher kann die Einschätzung, ob ein bestimmtes Landschaftselement als typisch oder untypisch wahrgenommen wird, nur in seltenen Fällen eindeutig einem konkreten physischen Landschaftselement innerhalb dieser Gemeinde zugeordnet werden. Ein Vergleich sowie eine Verknüpfung von physischer und wahrgenommener Landschaft sind somit in erster Linie nur auf Gemeindeebene oder darüber hinaus möglich. Würde der Indikator 17 unmittelbar in die Klassifikation von Landschaftscharaktertypen integriert, würde die auf Gemeindeebene erfasste Wahrnehmung auf physische Landschaftselemente übertragen, die Gemeindegrenzen unabhängig sind. Dadurch würde eine explizite räumliche Beziehung hergestellt, die empirisch nicht erhoben und somit nicht eindeutig belegbar ist.

4.3.2 Potenziale der Weiterentwicklung des Indikators 17 im Hinblick auf LABES3

Basierend auf den methodischen Überlegungen zur Weiterentwicklung des Indikators 17 im Hinblick auf LABES3 (vergl. Kap. 2.2.8) und den oben beschriebenen Limitationen im Prozess der Erarbeitung einer Landschaftscharaktertypologie für den Kanton Zug auf Basis der LABES2-Version des Indikators 17 wurde dieser im Rahmen der Pilotstudie zur Weiterentwicklung des LABES-Instruments im Hinblick auf LABES3 entsprechend konzeptionell und methodisch überarbeitet und erweitert. Diese Weiterentwicklung des Indikators 17 wird nachfolgend detailliert aufgezeigt.

Systematische Erweiterung und Differenzierung der abgefragten Landschaftselemente

In einem iterativen Austausch mit Expert:innen (Säule 3 und 4) und durch das Abgleichen mit bestehenden, insbesondere physischen LABES-Indikatoren sowie Landnutzungsdaten (Säule 1) wurde hinsichtlich der Erweiterung und Differenzierung der abgefragten Landschaftselemente eine umfassende und systematische Sammlung an wahrzunehmenden Landschaftstexturen, -strukturen und -elementen zusammengestellt. Neben der Gliederung in flächige Landschaftstexturen und lineare oder punktuelle Landschaftsstrukturen und -elemente gewann der Indikator 17 damit durch systematischen und breit abgestützten Aufbau an Qualität. Der weiterentwickelte Indikator erlaubt zudem, wenn dazu Erhebungsdaten (bspw. nach der LABES3-Piloterhebung im Sommer 2025) vorliegen, neu die konsistente Verknüpfung physischer und wahrgenommener Landschaftsmerkmale für die entwickelten Landschaftscharaktertypen; vorerst jedoch primär der Typen, die aufgrund der vorliegenden Studie in den Kantonen Zug, Graubünden und Waadt (Tab. 10) erarbeitet wurden. Die Sammlung an abzufragenden Landschaftstexturen, -strukturen und -elementen könnte zukünftig für Landschaftscharaktertypen ergänzt werden, die in der vorliegenden Pilotstudie noch nicht abgedeckt wurden, insbesondere im Hinblick auf eine gesamtschweizerische Anwendung. Eine Kombination einzelner Landschaftstexturen, -strukturen oder -elemente könnte zudem weitere Landschaftscharaktertypen beschreiben, welche im Rahmen des Prototyps noch nicht erfasst wurden oder durch Landschaftsveränderung neu entstehen/definiert werden müssen.

Tab. 10. Den Landschaftscharaktertypen entsprechende flächige Landschaftstexturen sowie lineare und punktuelle Landschaftsstrukturen und -elemente des weiterentwickelten Indikators 17 (auf Basis der Kantone Zug, Graubünden und Waadt).

Landschaftscharaktertypen, gegliedert nach Texturen	Wahrzunehmende Landschaftstexturen im neuen Indikator 17	Wahrzunehmende Landschaftsstrukturen und -elemente im neuen Indikator 17
Waldtextur		
Waldlandschaften	Geschlossener, zusammenhängender Wald	-
Mischtextur Wald-Agrar		
Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster	Kleinräumiger Wechsel von offenen Flächen und kleinen Wäldchen, Baumgruppen, oder Einzelbäumen	-
Agrartextur		
Obstwiesenlandschaften	Obstwiesen (Wiesen mit hochstämmigen Obstbäumen)	-
Alplandschaften	Alpweiden	Alpgebäude, Maiensässe
Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und Nutzungsvielfalt	Kleinteilige, vielfältige Äcker und Felder	-
Agrarlandschaften mit grossflächigen Nutzungsmustern	Grossflächige, einheitliche Äcker und Felder	-
Extensive Grünlandlandschaften	Wiesen und Weiden	-
Intensive Grünlandlandschaften	Wiesen und Weiden	-
Reblandschaft	Rebberge	-
Heckenlandschaften	Wiesen und Weiden	Hecken
Mischtextur Agrar-Gewässer		
Moorgeprägte Landschaften	Moore	-
Gewässertextur		
Flusslandschaften	-	Kleinere oder grössere natürliche und renaturierte Flüsse Kleinere oder grössere Kanäle und begradigte Flüsse
Seenlandschaften	Grössere Seen	Kleinere Seen oder Weiher
Mischtextur Agrar-Siedlung		
Periurbane Siedlungslandschaften	Mix aus Wohngebieten, Landwirtschaft, Industrie- und Gewerbebauten («Ag-glo»)	-
Streusiedlungslandschaften	Bäuerlich geprägte Streusiedlungen	Bauernhöfe und Ställe
Siedlungstextur		
Ländliche Dorf- und Weilerlandschaften	Ländliche Dörfer und Weiler	Historischer Dorfkern Bauernhöfe und Ställe
Urbane Siedlungslandschaften (Stadtlandschaften)	Städtische Gebiete	Historischer Stadtkern
Industrie- und Gewerbelandschaften	Industrie- und Gewerbegebiete	-
Infrastrukturtextur		
Abbau- und Deponielandschaften	-	Abbau- und Deponieanlagen
Verkehrsinfrastrukturlandschaften		Grössere Verkehrsinfrastrukturen (Autobahn, Eisenbahn, Flugplatz)
		Hochspannungsleitungen Windenergieanlagen
Energieinfrastrukturlandschaften	-	Grosse Solarenergieanlagen wie Solarparks (Flächen mit grösserer Anzahl am Boden installierter Solarpanels)

Tourismus- und Freizeitinfrastrukturlandschaften	-	Touristische Transportanlagen (z. B. Seilbahnen)
		Freizeit- und Sportinfrastruktur des Sommers (z. B. Golfplätze)
		Freizeit- und Sportinfrastruktur des Winters (z. B. Skipisten, Langlaufloipen)
		Parks und öffentliche Grünanlagen
Patrimoinetextur (Kulturerbe)		
Sakral- und Symbollandschaften		Kulturhistorische Elemente (z. B. Burg, Schloss, Klosteranlage, Kirche, Wegkreuze, Kapellen)
Alleenlandschaften	-	Alleen und Baumreihen
Mischtextur Patrimoine-Agrar		
Terrassenlandschaften	Terrassen (z. B. treppenförmig angelegte Reben, Äcker, Wiesen)	-
Maiensässlandschaften	-	(Alpgebäude) Maiensässe

Qualitative Gewichtung der Landschaftselemente durch eine angepasste Beurteilungsskala

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Indikators wurde auch eine differenziertere Beurteilungsskala der wahrzunehmenden Landschaftstexturen, -strukturen und -elementen eingeführt. Neu löst eine 5-Punkte Skala (überhaupt nicht typisch, eher nicht typisch, weder noch, eher typisch, sehr typisch) die frühere binäre Beurteilungsskala (nicht typisch / typisch) ab. Die 5-Punkte Skala bietet differenziertere Antwortmöglichkeiten und führt zu einer feiner abgestuften Erhebung der gesellschaftlichen Wahrnehmung charakteristischer Landschaften.

Erhöhung der räumlichen Differenziertheit des wahrgenommenen Landschaftscharakters

Bisher wurde der Indikator 17 – wie alle weiteren sozialen Indikatoren von LABES – auf der räumlichen Ebene der Gemeinde erhoben. Erstrebenswert ist eine höhere räumliche Auflösung, insbesondere für kleinere Gemeinden, welche auch die Möglichkeiten einer Verknüpfung mit physischen Landschaftsmerkmalen verbessern könnte. Zu diesem Zweck wurde die Methode «Public participation geographical information systems» (PPGIS) angewendet und geprüft, um eine feinere räumliche Auflösung im Vergleich zur Gemeindeebene zu erreichen.

Alle diese Weiterentwicklungen erforderten eine empirische Validierung der Eignung der Weiterentwicklung für die Typologie sowie LABES als Erhebungsinstrument des wahrgenommenen Landschaftscharakters. Der konzeptionell und methodisch überarbeitete und weiterentwickelte Indikator 17 wird daher im Herbst 2025 gemeinsam mit weiteren sozialen Indikatoren von LABES im Rahmen einer Pilotuntersuchung auf dessen verbesserten Anwendbarkeit, Robustheit und Reliabilität geprüft.

4.4 Grenzen des Prototyps und Herausforderungen für die Anwendbarkeit auf die ganze Schweiz

Nicht alle in der Typologie beschriebenen Landschaftscharaktertypen konnten im Rahmen des Prototyps umgesetzt werden. Gründe dafür waren fehlende Eingangsdaten, methodische Unklarheiten und begrenzte Ressourcen. Besonders betroffen waren komplexe Typen wie Sakrallandschaften oder historische Kulturlandschaften, deren räumliche Erfassung über einfache Regeln hinausgeht. Diese Typen erfordern eine weiterführende methodische Entwicklung, etwa durch die Kombination punktueller Elemente, Sichtbarkeitsanalysen oder den Einbezug mehrerer räumlicher Skalen. Für solche Typen könnte auch die wahrgenommene Landschaft eine zentrale Rolle spielen, da sie stark durch sozio-kulturelle Aspekte geprägt sind, die sich nicht allein aus bio-geophysikalischen Variablen ableiten lassen (siehe Kap. 4.3).

Für eine schweizweite Anwendung bedeutet dies, dass die Methode flexibel genug sein muss, um sowohl häufige, gut datenbasierte Typen als auch seltene, kulturell geprägte Landschaften abzubilden. Dies erfordert zusätzliche Datenquellen, eine stärkere Integration von Expert:innenwissen und gegebenenfalls hybride Ansätze, die regelbasierte und statistische bzw. Verfahren des maschinellen Lernens kombinieren.

4.5 Das Potenzial der vorgeschlagenen Landschaftscharaktertypologie für das Monitoring des regionalen Landschaftscharakters und für die Verwendung in anderen Monitoringprogrammen

4.5.1 Monitoring des regionalen Landschaftscharakters

Das primäre Ziel war die Entwicklung eines Prototyps einer Landschaftscharaktertypologie Schweiz und insbesondere eines Instruments, das nicht nur eine generalisierte statische Typologie für die ganze Schweiz, sondern auch eine dynamische Skalierbarkeit und Berücksichtigung regionaler Spezifitäten ermöglicht.

Auf dieser Basis kann die Entwicklung des «regionalen Landschaftscharakter» (dessen Stärkung ein Ziel des LKS ist) anhand unserer Typen und deren Perimeter (Polygone) langfristig beobachtet und geprüft werden, ob sich der regionale Landschaftscharakter (bzw. die Polygone der Charakter-Typen) flächenmässig verändert und dabei – unerwünschte oder erwünschte – Typenwechsel stattfinden (bspw. von «Streusiedlung» zu «Urbane Siedlungslandschaften»). Dies entspricht einer engeren Verwendung von LCT für die Beobachtung des regionalen Landschaftscharakters. Politik und Planung könnten dann auf entsprechende Veränderungen mit geeigneten Massnahmen reagieren.

4.5.2 Verwendung der Landschaftscharaktertypen in anderen Monitoringprogrammen

Die Landschaftscharaktertypen und Polygone kann man auch als Erhebungseinheiten für das Monitoring (bspw. LABES) von grossen Räumen (Schweiz, Kantone, evt. Regionen/Gemeinden) nutzen, wenn sowohl die Räume explizit vorliegen als auch die Typen räumlich explizit definiert sind, was bspw. bei den regionalen Naturparks oder Moorlandschaften von nationaler Bedeutung der Fall ist, bei den generischen 7 LKS-Typen und ihren «räumlichen Ausprägungen» hingegen nicht. Man könnte dann die Ergebnisse nach Landschaftscharaktertypen differenzieren, wie das bis anhin bspw. anhand der Sprachräume, bio-geographischen Regionen, Kantone, Gemeindetypen (oft als Ersatz für Landschaftstypen verwendet) erfolgte – jedoch mit spezifischer Ausrichtung auf die Landschaft und ihren Charakter.

LCT kann auch genutzt werden für ein nationales BLN-, Moorlandschaft- oder Parkmonitoring, indem die Veränderung verschiedener LCT-Polygone bzw. Typenwechsel innerhalb dieser Objekte beobachtet würde. Ferner könnten Zwischenprodukte unseres Instruments – die ha-bezogenen Daten und deren Veränderungen über die Zeit – genutzt werden, um bspw. die BLN-Gebiete, Moorlandschaften oder Parks zu monitorieren.

Die Landschaftscharaktertypologie ersetzt die erwähnten Monitorings nicht – das war auch nie ein Ziel des Instruments –, kann aber zu diesen in verschiedener Weise beitragen.

4.6 Fazit und Ausblick

Der vorliegende Bericht über die Pilotstudie zur Entwicklung einer Landschaftscharaktertypologie Schweiz zeigt auf, dass es mit dem angewendeten Vier-Säulen-Prinzip möglich ist, das Ziel einer breit abgestützten und gesamtschweizerisch anwendbaren Typologie zu entwickeln. Der Prototyp wird dem Anspruch gerecht, sowohl auf vorhandene bio-geophysikalische Daten (Geodaten) abzustützen, bestehende Typologien, soweit geeignet, einzubeziehen, die Sicht der Bevölkerung zu integrieren und schliesslich Instrument und Ergebnis mit vorhandenem Expert:innen-Wissen zu validieren. Dabei wurden verschiedene Ansätze getestet, teilweise komplementär kombiniert, die Vor- und Nachteile diskutiert und Wege für die Weiterentwicklung des Instruments aufgezeigt, welche schliesslich eine solide Basis für die Anwendung auf die ganze Schweiz darstellt. Damit sollte die Erreichung des mittelfristigen Ziels der Etablierung einer neuen interdisziplinär und multi-perspektivisch abgestützten und dereinst hoffentlich breit verwendeten Landschaftstypologie möglich werden.

Entscheidend für die künftige Erreichung dieses hoch gesteckten Ziels, eine neue Standard-Landschaftstypologie zu etablieren wird es sein, den Prototypen nicht nur im oben-erwähnten Sinne weiterzuentwickeln und zu verbessern (was bspw. im Rahmen der Vorbereitungen für LABES3 mit der Weiterentwicklung des LABES-Indikators 17 «wahrgenommener Landschaftscharakter» bereits erfolgte), sondern das Instrument auf die ganze Schweiz anzuwenden. Dies ist grundsätzlich möglich (das Instrument gewährt diese Möglichkeit technisch), bedarf aber der fortgesetzten inhaltlichen Auseinandersetzung mit den Spezifitäten der Landschaftscharaktertypen in allen Regionen der Schweiz, sowohl auf inhaltlich-definitiver und schliesslich technischer Ebene des Regelwerks als auch im Austausch mit den Expert:innen der jeweiligen Regionen und unter Einbezug der jeweiligen Bevölkerungssicht. Erst dann kann eine plausible und breit abgestützte und angewendete Landschaftscharaktertypologie für die Schweiz erreicht werden.

Der Anspruch einer breiten Akzeptanz und Anwendung der Typologie schliesst auch die Verwendbarkeit im Monitoring ein. Dabei ist nicht nur das im Kap. 4.5.1 erwähnte Monitoring der Entwicklung der Landschaftscharaktertypen über die Zeit (insbes. der Typenwechsel) gemeint, sondern auch die Ergänzung oder teilweise gar der Ersatz der bisher in Monitoringprogrammen verwendeten Raumgliederungen (siehe Kap. 4.5.2). Insbesondere dem Monitoringprogramm LABES, welches bis anhin die Schweizer Gemeindetypologie des BfS für die Gliederung nach Raumtypen verwendete, dürfte bzw. müsste die neue Typologie eine spezifisch auf Landschaft zugeschnittene Raumgliederung und damit Auswertungseinheit anbieten. Darüber hinaus ist aber auch vorstell- bzw. wünschbar, dass die neue Typologie auch für andere Monitoringprogramme nutzbar wird, vom Biodiversitätsmonitoring über ein allfälliges BLN-, ein Moorlandschaftsmonitoring oder ein Pärke-Monitoring, wie von Reusser et al. (2023) vorgeschlagen, bis vielleicht sogar zum Landesforstinventar LFI und dem Waldmonitoring Soziokulturell WAMOS. Sollten Entwicklungen in diese Richtung stattfinden, wäre ein wichtiges Ziel erreicht.

Erstrebenswert wäre aber auch, wenn unser neuer Ansatz auch international in die vorhandenen Instrumente einflösse, wenn bspw. das Landscape Character Assessment (Swanwick 2002) in UK unseren breit abgestützten Ansatz in adaptierter Weise einbauen könnte. Dann wäre die Schweizer Landschaftscharaktertypologie tatsächlich zu einem neuen Standard geworden – ähnlich wie es das LABES im Bereich des Landschaftsmonitorings bereits geworden ist (Kienast et al. 2019).

Vorerst aber gilt es den Weg vom Prototyp zu einer finalen Landschaftscharaktertypologie der Schweiz zu beschreiten und dafür nochmals einiges an wissenschaftlicher Arbeit und praktischer Validierung aufzuwenden.

5 Literatur

- ARE, BAFU, BFS (2011) Landschaftstypologie Schweiz. Teil 1: Ziele, Methode und Anwendung. Bern.
- BAFU (2020) Landschaftskonzept Schweiz. Landschaftskonzept Schweiz. Bern.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00836/index.html?lang=de>
- BFS (2022) Arealstatistik Schweiz. Steckbrief – Erhebung / Statistik.
<https://dam-api.bfs.admin.ch/hub/api/dam/assets/23024951/master> (Stand: 11.07.2022)
- Kienast F., Wartmann F., Zaugg A., Hunziker M. (2019) A review of integrated approaches for landscape monitoring. Report prepared in the framework of the work program of the Council of Europe for the implementation of the European Landscape Convention. 53 p.
- Meier C., Bucher A. (2010) Die Zukünftige Landschaft Erinnern: Eine Fallstudie zu Landschaft, Landschaftsbewusstsein und Landschaftlicher Identität in Glarus Süd. Vol. 27. Haupt Verlag AG.
- Rodewald R., Schwyzer Y., Liechti K. (2014) Katalog der charakteristischen Kulturlandschaften der Schweiz. Grundlage zur Ermittlung von Landschaftsentwicklungszielen. Bern.
- Reusser L. (2023) Bedarfsanalyse Wirkungsorientiertes Monitoring Schweizer Pärke. Bericht der Begleitgruppe Parkforschung Schweiz zu Händen des BAFU. Bern, SCNAT: 29 S.
- Ströbele M., Hunziker M. (2017) Are Suburbs Perceived as Rural Villages? Landscape-Related Residential Preferences in Switzerland. *Landscape and Urban Planning*, 163, 67–79.
- Swanwick C. (2002) Landscape Character Assessment: Guidance for England and Scotland. The Countryside Agency and Scottish Natural Heritage
- Szerencsits E., Schupbach B., Conradin H., Grunig A., Nievergelt J., Walter T. (2009) Landschaftstypologie Schweiz – Grundlagenanalyse Beschreibung der Gliederungskriterien und der Teilsynthesen.
- Walter T., Eggenberg S., Gonseth Y., Fivaz F., Hedinger C., Hofer G., Klieber-Kuhne A., et al. (2013). Operationalisierung der Umweltziele Landwirtschaft. ART-Schriftenreihe 18.
- Wang Y. (2022) Landscape pattern language: a new approach to landscape expression and spatial reasoning. Singapore: Springer.
- Wartmann F., Hunziker M., Kienast F. (2021) Programm Landschaftsbeobachtung Schweiz (LABES). WSL Ber. 103. 215 S.
- Wartmann F.M., Egorova E., Derungs C., Mark D.M., Purves R.S. (2015) More Than a List: What Outdoor Free Listings of Landscape Categories Reveal About Commonsense Geographic Concepts and Memory Search Strategies. In: Fabrikant I.S., Raubal M., Freundschuh S., Bell S. (eds.) *Spatial Information Theory. Lecture Notes in Computer Science* (9368, 224–43). Heidelberg: Springer.
- Wartmann F.M., Purves R.S. (2018) Investigating Sense of Place as a Cultural Ecosystem Service in Different Landscapes through the Lens of Language. *Landscape and Urban Planning* 175, 169–83.

6 Anhang

6.1 Landschaftstypen Kanton Zug als Referenz

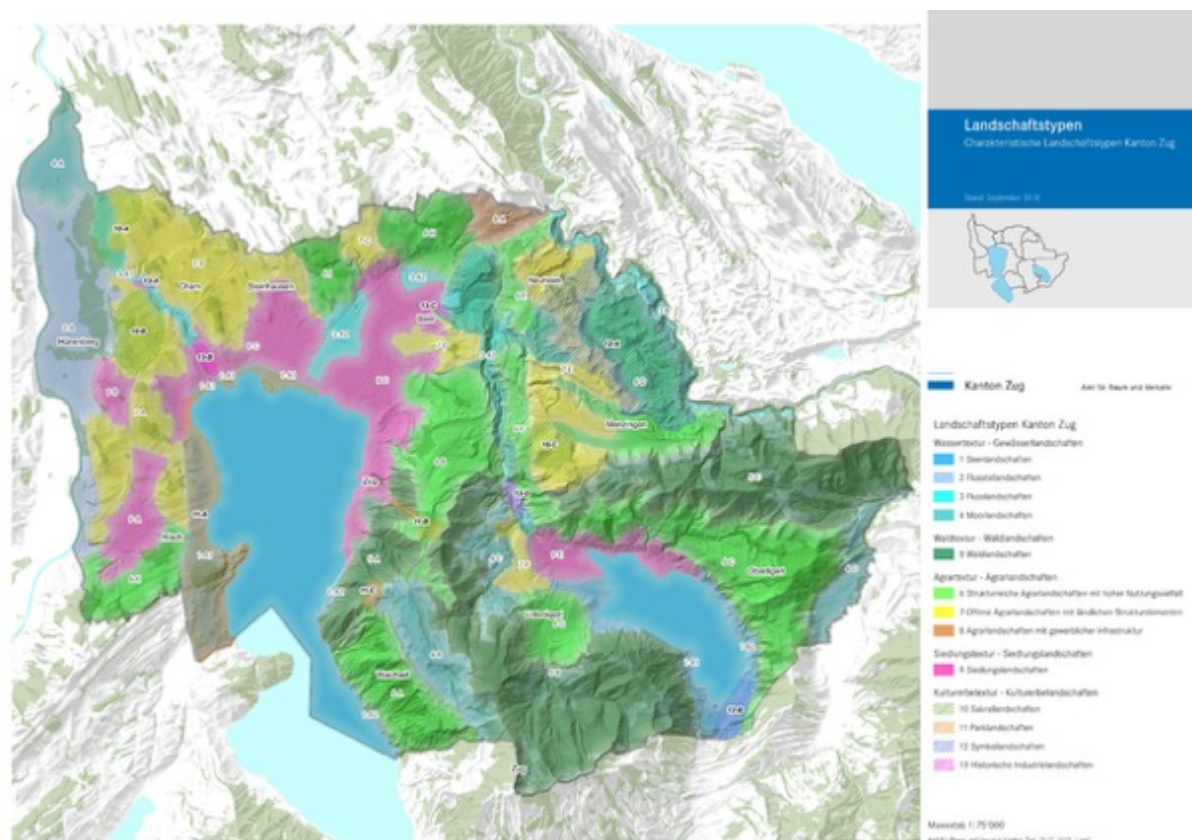


Abb. 15. Landschaftstypen Kanton Zug als Referenz (Quelle: <https://zg.ch/de/natur-umwelt-tiere/land-schaft/landschaften>)

6.2 Variablenliste

Tab. 11 Variablenbeschreibung und Datenquellen der auf Hektarebene berechneten Indikatoren im Kontext des Prototyps zur Landschaftscharaktertypisierung. Die fett hervorgehobenen Variablen kommen beim Regelwerk der untersuchte Landschaftscharaktertypen im Kanton Zug zum Einsatz.

Variable	Beschreibung	Datensatz
A_LN	Fläche der landwirtschaftlichen Nutzungsflächen	LWN
A_LN_Dkulturen	Fläche «Flächen mit Dauerkulturen – Übrige»	LWN
A_LN_Dweide	Fläche «Dauergrünflächen – Dauerweiden»	LWN
A_LN_Dwiese	Fläche «Dauergrünflächen – Dauerwiesen»	LWN
A_LN_Ganbau	Fläche «Flächen mit Kulturen in ganzjährig geschütztem Anbau»	LWN
A_LN_Hecken	Fläche «Weitere Flächen innerhalb der LN - Hecken-, Feld- und Ufergehölze»	LWN
A_LN_KWiese	Fläche «Ackerfläche – Kunstwiesen»	LWN
A_LN_NaturWeg	Fläche «Flächen ausserhalb der LN und SF - Unbefestigte, natürliche Wege»	LWN
A_LN_OAcker	Fläche «Ackerfläche – Offene Ackerfläche»	LWN
A_LN_Obst	Fläche «Flächen mit Dauerkulturen – Obstanlagen»	LWN
A_LN_Reben	Fläche «Flächen mit Dauerkulturen – Reben»	LWN
A_LN_Selve	Fläche »Überlagernde Flächen – Nuss/Kastanienbäume«	LWN

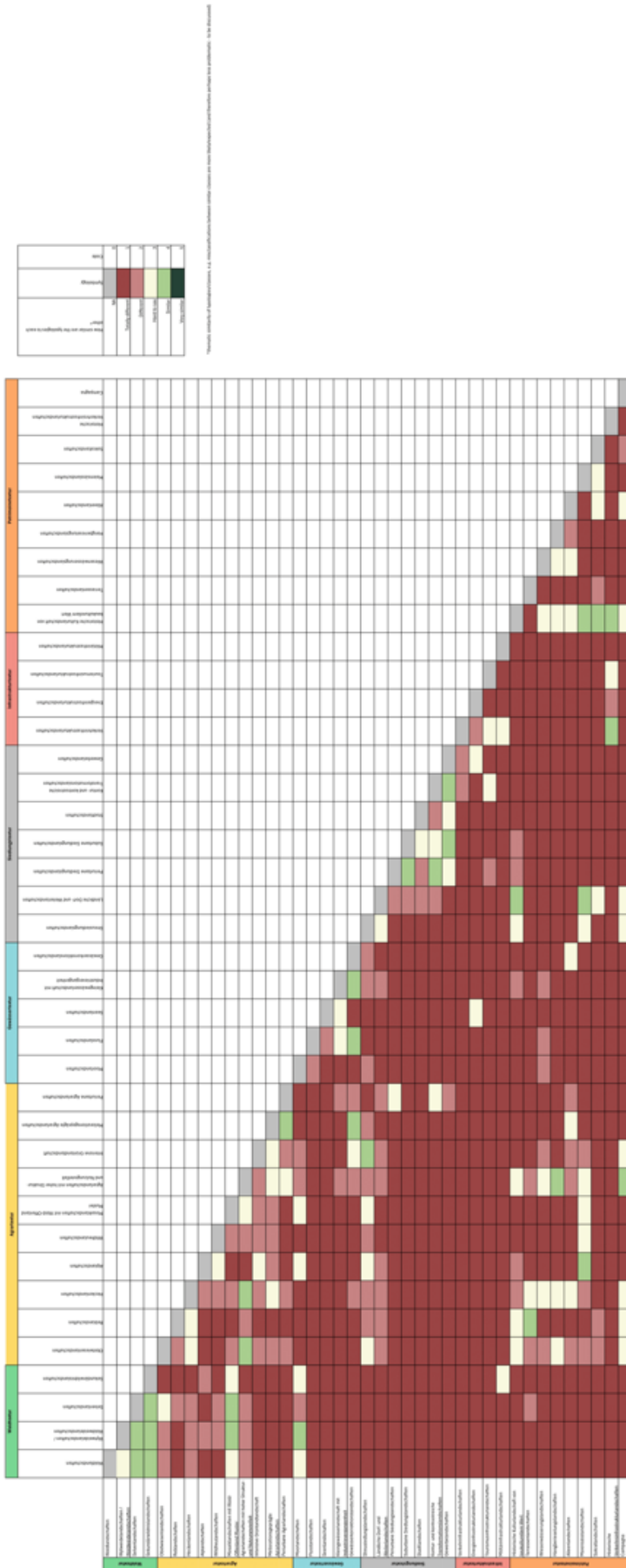
A_LN_SommerF	Fläche «Sömmerungsfläche SF»	LWN
A_LN_SteinHauf	Fläche «Flächen ausserhalb der LN und SF – Ruderalflächen, Steinhaufen und -wälle»	LWN
A_LN_Streu	Fläche «Weitere Flächen innerhalb der LN – Streueflächen»	LWN
A_LN_Teiche	Fläche «Flächen ausserhalb der LN und SF – Wassergräben, Tümpel, Teiche»	LWN
A_LN_Tmauer	Fläche «Flächen ausserhalb der LN und SF – Trockenmauern»	LWN
A_LN_UeberF	Fläche «Überlagernde Flächen»	LWN
A_oth_AULAV	Anteil Siedlung cluster mit > 10 bewohnten Häusern (+ buffer 100m)	Wohngebiete nach AULAV
A_oth_Flach-Moore	Fläche der Flachmoore	Biodiversität Bundesinventare
A_oth_FloodPlains	Fläche der Überschwemmungsgebiete von Wasserläufen	Biodiversität Bundesinventare
A_oth_Hoch-Moore	Fläche der Hochmoore	Biodiversität Bundesinventare
A_oth_houseCl	Fläche der Siedlung	Siedlung
A_oth_Ind	Fläche Industrie	Bauzonen Schweiz (harmonisiert)
A_oth_Terrass	Fläche der Terrassen	SL-Terrasseninventar
A_oth_TWW	Fläche von Trockenwiesen und -weiden	TWW + Anhang 2
A_TLM_Abbau-Deponie	Deponie- und Abbauareal	TLM_NUTZUNGSAREAL
A_TLM_Gebaeude	Fläche Gebäudegrundrisse	TLM_GEBAEUDE_FOOTPRINT
A_TLM_GebWald	Fläche Strauchwald	TLM_BODENBEDECKUNG
A_TLM_Glaciers	Fläche der Gletscher	TLM_BODENBEDECKUNG
A_TLM_Kraft-Werk	Fläche von Infrastruktur im Zusammenhang mit Kraftwerken	TLM_NUTZUNGSAREAL
A_TLM_Military	Fläche militärischer Übungsplätze	TLM_NUTZUNGSAREAL
A_TLM_Obst	Obstanlage	TLM_NUTZUNGSAREAL
A_TLM_Owald	Fläche offener Wald	TLM_BODENBEDECKUNG
A_TLM_Parcs	Fläche von Grünflächen/Parks	TLM_NUTZUNGSAREAL
A_TLM_Reben	Reben	TLM_NUTZUNGSAREAL
A_TLM_Rocks	Fläche von felsigem Boden	TLM_BODENBEDECKUNG
A_TLM_Sakral	Friedhof und Historisches areal	TLM_NUTZUNGSAREAL
A_TLM_SchreberGarten	Schrebergartenareal	TLM_NUTZUNGSAREAL
A_TLM_Sport	Fläche von Sport- oder Freizeitanlagen	TLM_SPORTBAUTE_PLY, TLM_FREIZEITAREAL
A_TLM_Standing Waters	Fläche stehender Gewässer	TLM_BODENBEDECKUNG
A_TLM_StauBau	Fläche von Infrastruktur im Zusammenhang mit Dämmen	TLM_STAUBAUTE
A_TLM_Verkehr	Verkehrsareal	TLM_VERKEHRSAREAL
A_TLM_Water-Running	Fläche des Flusses	TLM_BODENBEDECKUNG
BBTOT	Ständige Wohnbevölkerung, Total	STATPOP
D_oth_aeroTrans	Flugplätze und Heliports	Flugplätze und Heliports
D_oth_CastleRel	Entfernung zu Burgen und Sakraleobjekten	PCP
D_oth_houseCl	Proximität zur nächsten Häusercluster	Siedlung
D_oth_WindA	Entfernung zu Infrastruktur im Zusammenhang mit Windenergieanlagen	Windenergieanlagen
D_TLM_Standing Waters2	Entfernung zum nächsten stehenden Gewässer	TLM_BODENBEDECKUNG
D_TLM_Water-Running	Entfernung zu einem Fluss	TLM_BODENBEDECKUNG
EB100m	Anzahl Einzelbäume pro ha	TLM_EINZELBAUM_GEBUESCH

<i>FG100m</i>	Länge (m) Fliessgewässer pro ha	TLM_FLISSGEWAESSER
<i>Gew100m</i>	Anteil stehender Gewässer	TLM_BODENBEDECKUNG
Hecken100m	Länge (m) Baumreihen/Hecken pro ha	TLM_BODENBEDECKUNG
<i>HPTOT</i>	Privathaushalte Total	STATPOP
<i>L_oth_canRiv</i>	Länge der kanalisierten Flüsse	Oberflächengewässer
<i>L_oth_IVS</i>	Inventar historischer Verkehrswege	IVS
<i>L_TLM_IngBau</i>	Länge monumentaler Verkehrsingenieurbauten	TLM_STRASSE & TLM_EI-SENBAHN
<i>L_TLM_Leitung</i>	Länge der Stromleitung	TLM_LEITUNG
<i>L_TLM_Mauer</i>	Länge der isolierten markanten Mauern pro ha	TLM_MAUER
<i>L_TLM_Suonen</i>	Länge der Suonen	TLM_FLISSGEWAESSER
<i>L_TLM_Tmauer</i>	Länge der Trockenmauern pro ha	TLM_VERBAUUNG
L_TLM_Tourism-Transport	Länge der tourism bahnen	TLM_STRASSE & TLM_EI-SENBAHN
LRT100m	Anzahl verschiedener Lebensräume pro ha	Lebensraumkarte
LWNF100m	Länge (m) Grenzlänge der landwirtschaftlichen Nutzflächen pro ha	LWN
<i>M_GTARE</i>	Mehrheitliche Gemeindetypologie ARE	Gemeindetypologie
M_LTARE	Mehrheitliche Landschaftstypologie ARE	Landschaftstypologie
<i>N_oth_houseCl</i>	Anzahl der Häusercluster	Siedlung
<i>N_oth_ISOS</i>	Anzahl der Standorte von nationaler Bedeutung	ISOS
<i>N_oth_PCP_alp-Houses</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Bauten Alpwirtschaft	PCP
<i>N_oth_PCP_archeology</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Archäologische Objekte	PCP
<i>N_oth_PCP_castle</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Burgen, Palazzo, ...	PCP
<i>N_oth_PCP_cityHouses</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Hochhäuser, ...	PCP
<i>N_oth_PCP_countrysideHouses</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Bauernhäuser, Stöckli, ...	PCP
<i>N_oth_PCP_divers</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Denkmäler, ...	PCP
<i>N_oth_PCP_military</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Militärische Anlagen und Wehrbauten	PCP
<i>N_oth_PCP_public</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Bauten für Öffentlichkeit, Gewerbe, Handel, Industrie	PCP
<i>N_oth_PCP_religion</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Sakralbauten	PCP
<i>N_oth_PCP_tourism</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Bauten für Tourismus	PCP
<i>N_oth_PCP_transport</i>	Anzahl der Kulturgüterinventarobjekte von nationaler Bedeutung – Anlagen für den Verkehr	PCP
<i>Q25_FMR</i>	Waldmischungsgrad LFI – 25 %-Quartil	Waldmischungsgrad LFI
Q25_REGBL_AgeCons	Alter der Bauwerke – 25 %-Quartil	GWR
<i>Q25_sAR_alt</i>	Höhe – 25 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q25_sAR_east</i>	Ostausrichtung – 25 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q25_sAR_north</i>	Nordausrichtung – 25 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q25_sAR_slope</i>	Neigung – 25 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q25_sAR_TPI</i>	Geländemerkmal – TPI – 25 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q25_sAR_TRI</i>	Geländemerkmal – TRI – 25 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q25_TPI_15_215</i>	Geländemerkmal – TPI von Nachbarschaften von 15 bis 215 m – 25 % Quartil	Andri Baltensweiler, WSL
<i>Q25_VHM</i>	Vegetationshöhenmodell NFI – 25 %-Quartil	Vegetationshöhenmodell LFI
<i>Q50_FMR</i>	Waldmischungsgrad LFI – 50 %-Quartil	Waldmischungsgrad LFI

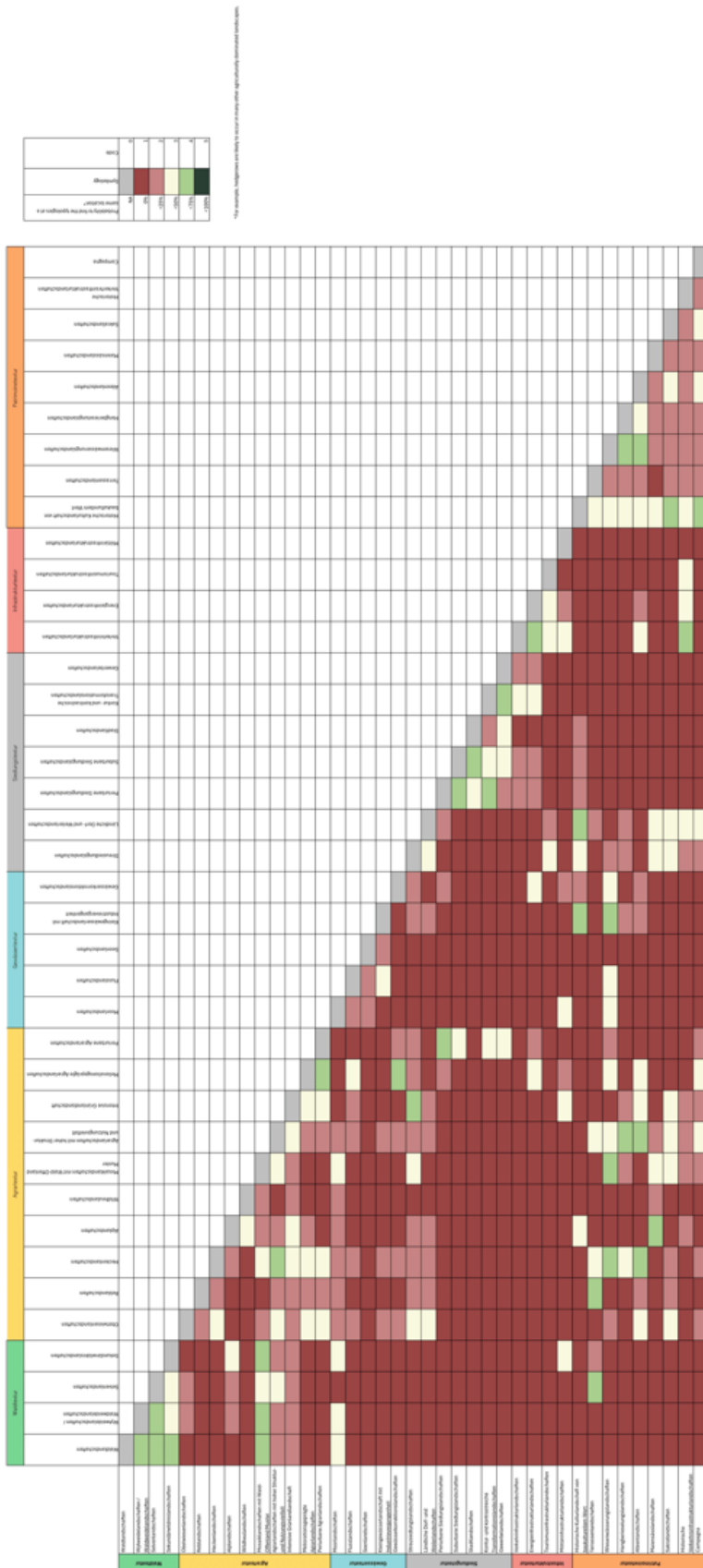
<i>Q50_REGBL_Age Cons</i>	Alter der Bauwerke – 50 %-Quartil	GWR
<i>Q50_sAR_alt</i>	Höhe – 50 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q50_sAR_east</i>	Ostausrichtung – 50 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q50_sAR_north</i>	Nordausrichtung – 50 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q50_sAR_slope</i>	Neigung – 50 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q50_sAR_TPI</i>	Geländemerkmal - TPI – 50 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q50_sAR_TRI</i>	Geländemerkmal - TRI – 50 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q50_TPI_15_215</i>	Geländemerkmal - TPI von Nachbarschaften von 15 bis 215 m – 50 % Quartil	Andri Baltensweiler, WSL
<i>Q50_VHM</i>	Vegetationshöhenmodell NFI – 50 %-Quartil	Vegetationshöhenmodell LFI
<i>Q75_FMR</i>	Waldmischungsgrad LFI – 75 %-Quartil	Waldmischungsgrad LFI
<i>Q75_REGBL_Age Cons</i>	Alter der Bauwerke – 75 %-Quartil	GWR
<i>Q75_sAR_alt</i>	Höhe – 75 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q75_sAR_east</i>	Ostausrichtung – 75 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q75_sAR_north</i>	Nordausrichtung – 75 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q75_sAR_slope</i>	Neigung – 75 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q75_sAR_TPI</i>	Geländemerkmal – TPI – 75 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q75_sAR_TRI</i>	Geländemerkmal – TRI – 75 %-Quartil	swissALTIRegio
<i>Q75_TPI_15_215</i>	Geländemerkmal – TPI von Nachbarschaften von 15 bis 215 m – 75 % Quartil	Andri Baltensweiler, WSL
<i>Q75_VHM</i>	Vegetationshöhenmodell NFI – 75 %-Quartil	Vegetationshöhenmodell LFI
<i>Qmean_FMR</i>	Waldmischungsgrad LFI – Mittelwert	Waldmischungsgrad LFI
<i>Qmean_REGBL_ AgeCons</i>	Alter der Bauwerke – Mittelwert	GWR
<i>Qmean_sAR_alt</i>	Höhe – Mittelwert	swissALTIRegio
<i>Qmean_sAR_eas t</i>	Ostausrichtung – Mittelwert	swissALTIRegio
<i>Qmean_sAR_nor th</i>	Nordausrichtung – Mittelwert	swissALTIRegio
<i>Qmean_sAR_slo pe</i>	Neigung – Mittelwert	swissALTIRegio
<i>Qmean_sAR_TPI</i>	Geländemerkmal – TPI – Mittelwert	swissALTIRegio
<i>Qmean_sAR_TRI</i>	Geländemerkmal – TRI – Mittelwert	swissALTIRegio
<i>Qmean_TPI_15_ 215</i>	Geländemerkmal – TPI von Nachbarschaften von 15 bis 215 m – Mittel- wert	Andri Baltensweiler, WSL
<i>Qmean_VHM</i>	Vegetationshöhenmodell NFI – Mittelwert	Vegetationshöhenmodell LFI
<i>Qsd_FMR</i>	Waldmischungsgrad LFI – Standardabweichung	Waldmischungsgrad LFI
<i>Qsd_REGBL_Age Cons</i>	Alter der Bauwerke – Standardabweichung	GWR
<i>Qsd_sAR_alt</i>	Höhe – Standardabweichung	swissALTIRegio
<i>Qsd_sAR_east</i>	Ostausrichtung – Standardabweichung	swissALTIRegio
<i>Qsd_sAR_north</i>	Nordausrichtung – Standardabweichung	swissALTIRegio
<i>Qsd_sAR_slope</i>	Neigung – Standardabweichung	swissALTIRegio
<i>Qsd_sAR_TPI</i>	Geländemerkmal – TPI – Standardabweichung	swissALTIRegio
<i>Qsd_sAR_TRI</i>	Geländemerkmal – TRI – Standardabweichung	swissALTIRegio
<i>Qsd_TPI_15_215</i>	Geländemerkmal – TPI von Nachbarschaften von 15 bis 215 m – Stan- dardabweichung	Andri Baltensweiler, WSL
<i>Qsd_VHM</i>	Vegetationshöhenmodell NFI – Standardabweichung	Vegetationshöhenmodell LFI
<i>Sied100m</i>	Anteil Siedlung	TLM_SIEDLUNGSNAME

<i>STATENT_DEPO-</i>	Beschäftigte im Zusammenhang mit Deponie	STATENT
<i>NIE</i>		
<i>STA-</i>	Beschäftigte Total	STATENT
<i>TENT_EMPLOYE</i>		
<i>ES</i>		
<i>STA-</i>	Beschäftigte Sektor 1	STATENT
<i>TENT_EMPLOYE</i>		
<i>ES_S1</i>		
<i>STA-</i>	Beschäftigte Sektor 2	STATENT
<i>TENT_EMPLOYE</i>		
<i>ES_S2</i>		
<i>STA-</i>	Beschäftigte Sektor 3	STATENT
<i>TENT_EMPLOYE</i>		
<i>ES_S3</i>		
<i>STATENT_ENER-</i>	Beschäftigte im Zusammenhang mit Energie	STATENT
<i>GIE</i>		
<i>STATENT_ENT-</i>	Arbeitsstätten Total	STATENT
<i>REPRISES</i>		
<i>STATENT_ENT-</i>	Arbeitsstätten Sektor 1	STATENT
<i>REPRISES_S1</i>		
<i>STATENT_ENT-</i>	Arbeitsstätten Sektor 2	STATENT
<i>REPRISES_S2</i>		
<i>STATENT_ENT-</i>	Arbeitsstätten Sektor 3	STATENT
<i>REPRISES_S3</i>		
<i>STA-</i>	Beschäftigte im Zusammenhang mit Extraktion	STATENT
<i>TENT_EXTRAC-</i>		
<i>TION</i>		
<i>STATENT_IN-</i>	Beschäftigte im Zusammenhang mit Industrie	STATENT
<i>DUSTRIE</i>		
<i>STATENT_NA-</i>	Beschäftigte in der Landwirtschaft, Sylvikultur, Fischerei ...	STATENT
<i>TURE</i>		
<i>STATENT_REST</i>	Restliche Beschäftigte	STATENT
<i>STATENT_TOU-</i>	Beschäftigte im Zusammenhang mit Tourism	STATENT
<i>RISM</i>		
<i>STA-</i>	Beschäftigte im Zusammenhang mit Verkehr	STATENT
<i>TENT_TRANS-</i>		
<i>PORT</i>		
<i>STATENT_WA-</i>	Beschäftigte im Zusammenhang mit Wasser	STATENT
<i>TER</i>		
<i>Str100m</i>	Länge (m) Strasse breiter 3m pro ha	TLM_STRASSE
<i>Wald100m</i>	Anteil Wald	TLM_BODENBEDECKUNG
<i>WR100m</i>	Länge (m) Waldrand pro ha	TLM_BODENBEDECKUNG

6.3 Komplette Ähnlichkeits- und Koexistenzmatrizen



Tab. 13: Komplette Ähnlichkeitsmatrix. Zwischenstand der Typologieentwicklung, siehe Kap. 2.3.1; enthält nicht exakt die finalen Landschaftscharaktertypen. Legende: dunkelgrün: sehr ähnlich; hellgrün: ähnlich; gelb: Ähnlichkeit möglich/unklar; hellrot: unterschiedlich; dunkelrot: sehr unterschiedlich



Tab. 14: Komplette Koexistenzmatrix. Zwischenstand der Typologieentwicklung, siehe Kap. 2.3.1; enthält nicht exakt die finalen Landschaftscharaktertypen. Legende: dunkelgrün: sehr hoch; hellgrün: hoch; gelb: Koexistenz möglich/unklar; hellrot: gering; dunkelrot: sehr gering

6.4 Heatmap Variablen unüberwachte Klassifikation

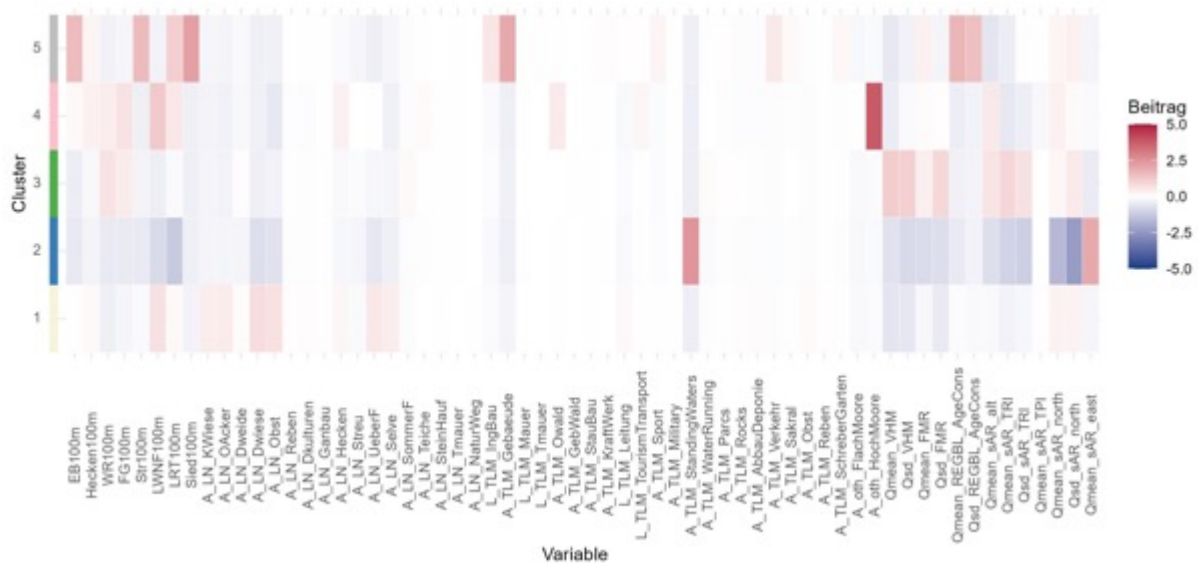


Abb. 16. Heatmap der Variablenbeiträge für die unüberwachte Klassifikation ($k = 5$) im Kanton Zug. Starke positive Beiträge sind dunkelrot dargestellt, starke negative Beiträge dunkelblau. Schwächere oder keine Beiträge erscheinen in helleren Farben.

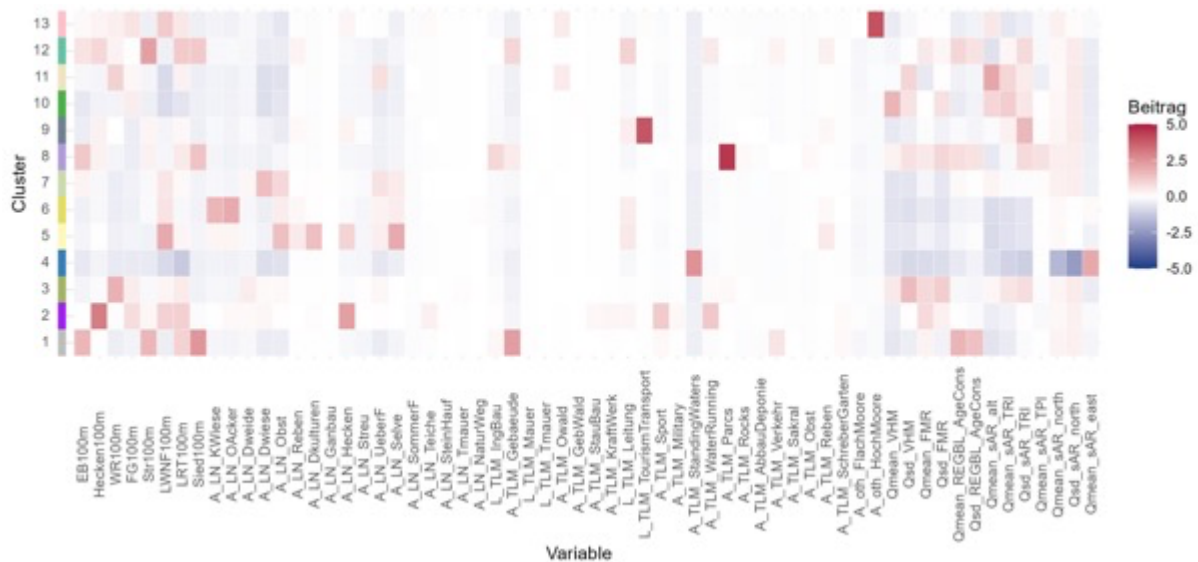


Abb. 17. Heatmap der Variablenbeiträge für die unüberwachte Klassifikation ($k = 13$) im Kanton Zug. Starke positive Beiträge sind dunkelrot dargestellt, starke negative Beiträge dunkelblau. Schwächere oder keine Beiträge erscheinen in helleren Farben.

6.5 Landschaftspatch Abgrenzung auf Hektar-Kandidat-Basis

Tab. 12 Kriterien zur Abgrenzung von Landschaftspatches: «Alpha-Wert» steuert, wie eng den Landschaftspatch die Hektar-Kandidaten umschliesst: ein kleinerer Wert passt sich stärker an die Punkte an, ein größerer Wert glättet den Umriss. «Lückenfläche» definiert die maximale Grösse von Lücken in einem Landschaftspatch, die aufgefüllt werden. «Dichte» ist der minimale Prozentsatz an Hektaren, die im Patch dem angegebenen Landschaftscharaktertyp entsprechen müssen. «Min. Fläche» und «Max. Fläche» geben die kleinste bzw. grösste zulässige Gesamtfläche eines Landschaftspatches an.

Landschaftscharaktertyp	Alpha-Wert	Lückenfläche	Dichte	Min. Fläche	Max. Fläche
<i>Tourismus- und Freizeitinfrastrukturlandschaften</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Abbau- und Deponielandschaften</i>	200	100'000	50%	70'000	-
<i>Industrie- und Gewerbelandchaften</i>	400	100'000	10%	100'000	-
<i>Urbane Siedlungslandschaften (Stadtlandschaften)</i>	200	100'000	50%	80'000	-
<i>Periurbane Siedlungslandschaften</i>	200	100'000	50%	40'000	-
<i>Streusiedlungslandschaften</i>	400	100'000	10%	475'000	-
<i>Obstwiesenlandschaften</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Alplandschaften</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Moorgeprägte Landschaften</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Mosaiklandschaften mit Wald-Offenland-Muster</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Intensive Grünlandlandschaften</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Extensive Grünlandlandschaften</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Agrarlandschaften mit grossflächigen Nutzungsmustern</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Agrarlandschaften mit hoher Struktur- und/oder Nutzungsvielfalt</i>	200	100'000	50%	500'000	-
<i>Waldlandschaften</i>	100	100'000	50%	1'000'000	-

6.6 Exemplarische Karten der charakteristischen Landschaften in den Pilotregionen

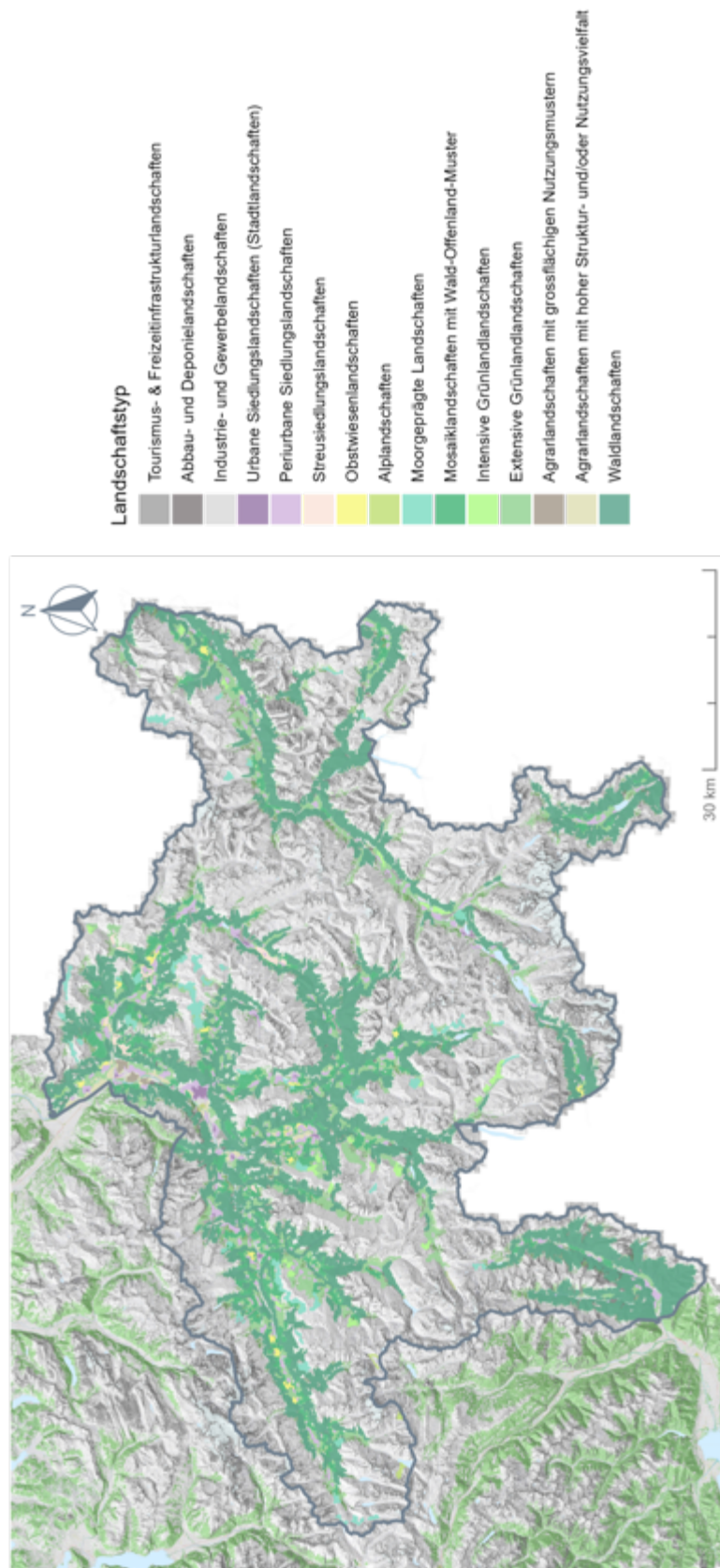


Abb. 18. Kartografische Umsetzung des Prototyps zur Landschaftscharaktertypisierung für den Kanton Graubünden.

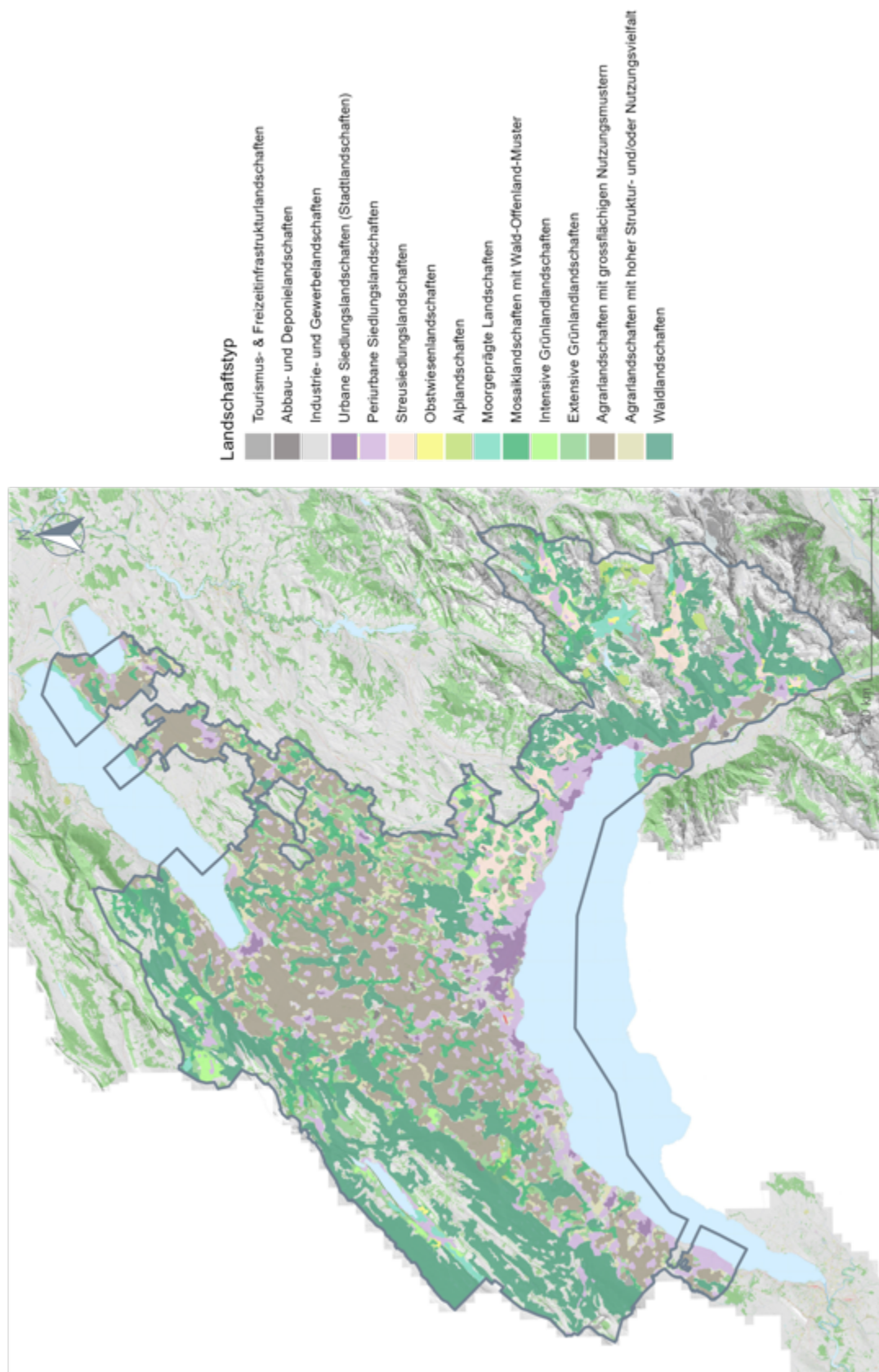


Abb. 19. Kartografische Umsetzung des Prototyps zur Landschaftscharaktertypisierung für den Kanton Waadt.