



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Département fédéral de l'intérieur DFI
Dipartimento federale dell'interno DFI
Federal Department of Home Affairs FDHA
Bundesamt für Statistik BFS
Office fédéral de la statistique OFS
Ufficio federale di statistica UST
Federal Statistical Office FSO

Datenbeschreibung

Geodaten in Hektarauflösung zur Arealstatistik nach Nomenklatur 2004

Neuchâtel, 2023

Herausgeber: Bundesamt für Statistik (BFS)
Auskunft: geostat@bfs.admin.ch
Redaktion: Jürg Sager, Elfie Swerts
Inhalt: Jürg Sager, Elfie Swerts, Michael Bühler
Themenbereich: 00 Statistische Grundlagen
Originaltext: Deutsch
Übersetzung: Sprachdienste BFS

Layoutkonzept: Sektion DIAM

Copyright: BFS, Neuchâtel 2023
Wiedergabe unter Angabe der Quelle
für nichtkommerzielle Nutzung gestattet

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Kurzübersicht | 3 |
| Die Arealstatistiken der Schweiz | 6 |
| Datengrundlagen | 8 |
| Auswertung und Diffusion der Daten..... | 11 |
| Nomenklatur 2004 | 12 |
| Beschreibung Variablenliste..... | 15 |
| Publikationen und weiterführende Literatur..... | 16 |
| Anhang 1: Methode der Arealstatistiken..... | 18 |
| Anhang 2: Datenqualität und statistische Signifikanz | 23 |
| Anhang 3: Qualität der statistischen Information | 25 |



Kurzübersicht

Erhebungsmethode

Die ersten beiden Erhebungen der modernen Arealstatistik von 1979-85 und 1992-97 wurden durch die visuelle Interpretation analoger Luftbilder mit Stereoskopen durchgeführt. Ein Raster von Punkten im gleichen Abstand von 100 m (ein Punkt pro Hektar) wurde über die Luftbildaufnahmen gelegt: die sogenannte Stichprobenerhebungsmethode.

Ab der Erhebung 2004/09 wurde die Methodik grundlegend erneuert, insbesondere durch die Verwendung digitaler Luftbilder. Diese wurden mit Hilfe von Orientierungselementen des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo) geometrisch ausgerichtet, um sie an Arbeitsstationen mit 3D-Bildschirmen mit Hilfe einer speziellen Fotogrammetrie-Software stereoskopisch zu betrachten. Dies ermöglichte die direkte Dateneingabe sowie die sofortige Interpretation und Plausibilisierung jedes einzelnen Punktes.

Ausserdem wurde eine neue Nomenklatur für die Arealstatistik 2004 NOAS04 eingeführt. Diese Nomenklatur unterscheidet systematisch zwischen Kategorien der Bodennutzung und der Bodenbedeckung: In ihrem Katalog werden 46 Kategorien der Bodennutzung und 27 Kategorien der Bodenbedeckung detailliert aufgeführt. Ein Nutzungs- und ein Bedeckungscode aus diesem Katalog werden jedem Punkt, von einem Team geschulter Interpretinnen und Interpreten, mithilfe einer speziell für die Arealstatistik entwickelten Erfassungsanwendung, zugewiesen.

Seit 2021 (Erhebung 2020/25) kombiniert eine neue IT-Lösung die visuelle Interpretation von Luftbildern durch Experten mit maschinellen Algorithmen aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz. Diese liefern eine Vorhersage der Veränderungen und der Kategorie der Punkte und ermöglichen so eine teilweise Automatisierung der Erhebung.

Die Erhebungen 1979-85 und 1992-97 wurden nach der NOAS04-Nomenklatur überarbeitet, so dass alle Erhebungen (1979/85, 1992/97, 2004/09, 2013/18, 2020/25) vergleichbar sind.

Details zur Methode der Arealstatistik befinden sich im Anhang (Anhang 1).

Nomenklatur

Detaillierte Informationen zu allen Kategorien und Aggregationen befinden sich im Dokument «[Variablenliste](#)».

NOLC04

Die Nomenklatur NOLC04 (Land Cover) umfasst 27 Grundkategorien der Bodenbedeckung. Diese Grundkategorien können in 6 Standardaggregationen eingeteilt werden. Vertiefte Informationen dazu befinden sich in Kapitel 2.

NOLU04

Die Nomenklatur NOLU04 (Land Use) umfasst 46 Grundkategorien der Bodennutzung. Diese Grundkategorien können in eine 10-er Standardaggregation und in 4 Hauptbereiche eingeteilt werden. Vertiefte Informationen dazu befinden sich in Kapitel 3.

NOAS04

Für die meisten Datenbenützer werden jedoch nicht die Grundkategorien der NOLC04 und NOLU04 von primärer Bedeutung sein, sondern die Standardkategorien NOAS04.

Diese werden mittels einer Matrix aus der Kombination von Land Cover und Land Use gebildet. Sie umfasst 72 Grundkategorien und 3 Aggregationen (4-er, 17-er, 27-er).

Vertiefte Informationen dazu befinden sich in Kapitel 1.

Erhebungsgrundlagen

Hauptgrundlage für die Bestimmung der Bodennutzung sind Luftbilder des Bundesamts für Landestopografie (swisstopo), welche für die Erstellung und Nachführung der Schweizer Landeskarten periodisch geflogen werden und im fraglichen Zeitraum alle drei bis sechs Jahre die Gesamtfläche der Schweiz abdecken. Für die Flugjahrgänge 1979–85 und 1992–97 handelt es sich dabei um Schwarzweissluftbilder, ab 2004 ausschliesslich um Farbbilder.

Zur Qualitätssicherung und Erleichterung der Interpretation wurden soweit verfügbar Zusatzinformationen, beispielsweise Landeskarten, Stadtpläne, Geodatenätze der amtlichen Vermessung und über Bauzonen, Schutzgebiete, Naturkatastrophen und dergleichen beigezogen. Das Eidg. Gebäude- und Wohnungsregister und das Betriebs- und Unternehmensregister des BFS lieferten wertvolle Zusatzinformationen zur Einschätzung der Zweckbestimmung der Gebäude. Für Höhenbestimmungen und die Berechnung von Geländeneigung und -exposition wurden die verfügbaren Gelände- und Oberflächenmodelle der swisstopo (DHM25, DOM und swissALTI^{3D}) beigezogen.

Nach der Luftbildinterpretation wurden ausgewählte und besonders schwierig zu beurteilende Gebiete und Stichprobenpunkte im Gelände aufgesucht und verifiziert (Feldbegehungen).

Erhebungszeitpunkt der Grundlegendaten

Luftbilder der Jahre 1979–1985, 1990–1998, 2004–2009, 2013–2019 und 2020–2025



Erhebungsgebiet

Schweiz

Datenstruktur (Geometrie) in GEOSTAT

Die Originalresultate der neueren Arealstatistiken werden bei GEOSTAT in einer relationalen Datenbank verwaltet, in welcher jedem Stichprobenpunkt ein Datenrecord zugeordnet ist. Für die Diffusion können daraus strukturierte Textdateien (Normalfall), bei Bedarf aber auch GIS-kompatible Vektor- (Punktdateien) oder Rasterdaten (GRID, GeoTIFF) erzeugt werden.

Datenherr

Bundesamt für Statistik

Weiterführende und aktualisierte Informationen sowie Datenbezug

[Metadaten](#)

[Geodaten](#)

[Fachportal](#)

Quellen- / Grundlagenvermerk

- Arealstatistik 1979/85, BFS GEOSTAT
- Arealstatistik 1992/97, BFS GEOSTAT
- Arealstatistik 2004/09, BFS GEOSTAT
- Arealstatistik 2013/18, BFS GEOSTAT
- Arealstatistik 2020/25, BFS GEOSTAT

Die Arealstatistiken der Schweiz

Die Arealstatistik der Schweiz, zu Beginn eine fast ausschliessliche Statistik über Flächen und Ausdehnung der Gemeinden, Kantone und des Landes selbst, hat sich im Laufe der Zeit zu einer eigentlichen Boden- und Landnutzungsstatistik entwickelt.

Die älteren *Arealstatistiken von 1912, 1923/24 und 1952* beruhten auf Informationen aus den Vermessungswerken, welche mittels Fragebogen bei den Kantons- und Gemeindeverwaltungen erhoben wurden. In Gebieten, wo keine oder nur unvollständige Angaben vorhanden waren, wurden die gewünschten Flächen zur Ergänzung planimetrisch ab Karten erfasst. Sowohl die Vermessungsgrundlagen als auch die Karten waren in der Regel wesentlich älteren Datums als die jeweiligen Arealstatistiken. Der genaue Erhebungszeitpunkt war oft nicht bekannt und die Bodennutzungsdaten der amtlichen Vermessung waren seit der Erstvermessung häufig nicht nachgeführt worden. Ausserdem beschränkte sich der Informationsgehalt der Statistiken auf wenige Nutzungsarten; insbesondere zu den Siedlungsflächen fehlten verlässliche Angaben.

Die *Arealstatistik 1972* war eine Kartenerhebung auf Basis der Landeskarten 1:25'000 (Mittelland) und 1:50'000 (Berggebiet) der Jahre 1957 bis 1971. Diesen wurde ein Raster mit Zellen von 100 m Seitenlänge überlagert, welchen nach dem Dominanzprinzip die alleinige oder vorherrschende von zwölf möglichen Nutzungsarten zugeordnet wurden. Jeder dieser Zellen wurde dann nach dem Dominanzprinzip (überwiegende Landnutzung innerhalb der Zelle) eine einzige (sogenannte vorherrschende) Nutzungsart, von den zwölf in der damals gültigen Nomenklatur, zugewiesen. Durch die Anwendung des Dominanzprinzips wurden kleinflächige und lineare Nutzungsstrukturen (Hecken, Strassen, Bachläufe) systematisch unterdrückt und in der Regel eliminiert. Andererseits wurden die Siedlungsflächen und die Landwirtschaftsflächen deutlich überschätzt. Die Arealstatistik 1972 wurde erstmals auch als raumbezogener Rasterdatensatz zur Bodennutzung bereitgestellt.

Mit der *Arealstatistik 1979/85* kam neu die Methode der stichprobenweisen Luftbildauswertung zum Einsatz. Dabei wurde den Luftbildern des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo) aus den Jahren 1979 (Westschweiz) bis 1985 (Südostschweiz) ein Stichprobennetz mit einer Maschenweite von 100×100 m überlagert und anschliessend jedem der insgesamt 4,1 Millionen Stichprobenpunkte eine von ursprünglich 69 möglichen Nutzungskategorien zugeteilt. Durch die digitale geografische Festlegung der Nutzungsinformation entstand ein koordinatenbezogener Punktdatensatz, welcher sich mit anderen raumbezogenen Datensätzen (Gemeindegrenzen, Geländedaten, Bauzonen, Schutzgebieten, Bevölkerung usw.) kombinieren lässt.

Für die erste Nachführung, die *Arealstatistik 1992/97*, wurde aus Gründen der Datenqualität und des Erhebungsaufwandes das Verfahren mit permanenten Stichproben gewählt. Dabei wurden alle Stichprobenpunkte der Ersterhebung auf Luftbildern der Jahre 1992 bis 1997 an derselben Position aufgesucht und auf eine Nutzungsänderung hin überprüft. Der Nutzungskatalog wurde auf 74 Kategorien ausgebaut. Die Arealstatistik 1992/97 lieferte damit nicht nur eine aktuellere Aufnahme des Zustands der Bodennutzung der Schweiz, sondern zum ersten Mal auch statistisch gesicherte Angaben zu deren Entwicklung.

Die nächsten beiden Erhebungen (*Arealstatistik 2004/09* und *Arealstatistik 2013/18*) erfolgten aufgrund der beobachteten neuen technischen und methodischen Möglichkeiten und gestützt auf eine umfassende Bedarfsanalyse und intensive Gespräche im Rahmen einer Begleitgruppe eine grundlegende Erneuerung der Erhebungsmethode und der Nomenklatur. Dabei wurde insbesondere dem oft geäusserten



Wunsch nach einer getrennten Beurteilung von Bodenbedeckung und Bodennutzung nachgekommen und die neue Nomenklatur NOAS04 eingeführt. Die visuelle Bildinterpretation erfolgte auf der Grundlage digitaler, gescannter Luftbilder an Photogrammetrie-Arbeitsstationen, welche eine dreidimensionale Bildbetrachtung erlauben. Diese methodische Erneuerung umfasste eine direkte Datenerfassung und eine sofortige Plausibilisierung jedes interpretierten Punkts am System.

Die Erhebungen 1979-1985 und 1990-1998 wurden nach dieser neuen Methodik und der neuen NOAS04-Nomenklatur, die zwischen Bodennutzung und Bodenbedeckung unterscheidet, revidiert. Die letzten vier für die ganze Schweiz abgeschlossenen Arealstatistiken (1979-1985, 1990-1998, 2004-2009 und 2013-2019), methodisch einheitlich und koordiniert, bilden eine solide statistische Grundlage, um Phänomene und Trends des Landnutzungswandels und der Landschaftstransformation qualitativ zu beschreiben und quantitativ abzuschätzen und diese auch sehr detailliert und zielgerichtet auf unterschiedlichste Fragestellungen zu analysieren.

Diese Zeitreihe wird mit der aktuellen Erhebung «Arealstatistik 2020/25», kantonsweise weitergeführt.

Datengrundlagen



Abb. 2: Aufnahmejahre der Luftbilder der Arealstatistik 1992/97

Seit 2004 wird für die periodische Luftbildbefliegung der Schweiz ausschliesslich Farbfilm (RGB-Normalfarben) eingesetzt. Diese Farbbilder waren die Grundlage für die Datenerhebung der Arealstatistik 2004/09.

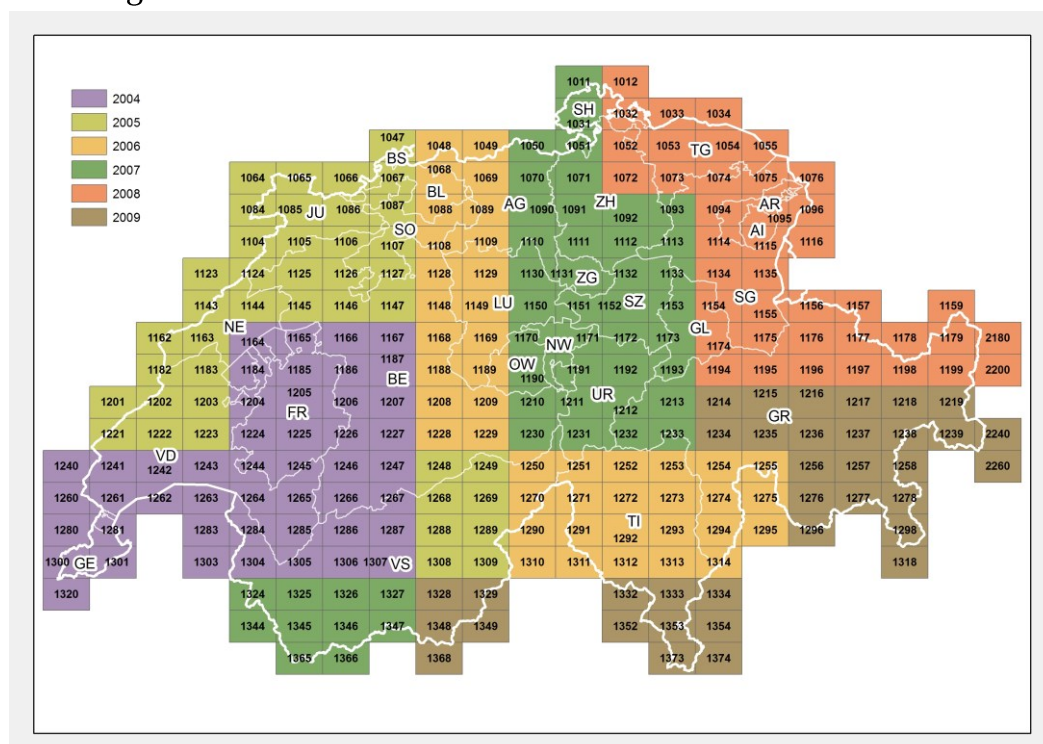


Abb. 3: Aufnahmejahre der Luftbilder der Arealstatistik 2004/09

Die Farbluftbilder der Abb.4 bildeten die Datengrundlage der Arealstatistik 2013/18.

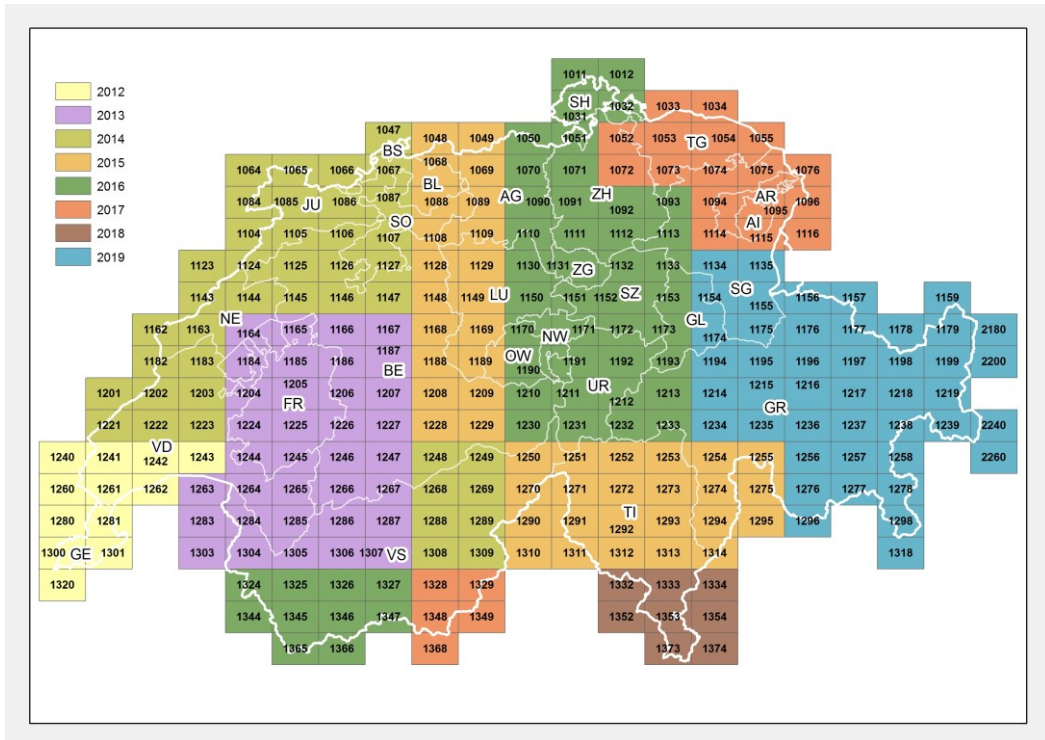


Abb. 4: Aufnahmejahre der Luftbilder der Arealstatistik 2013/18



Auswertung und Diffusion der Daten

Die Datenauswertung der Arealstatistiken erfolgte im GIS von GEOSTAT. Hier können die geografisch definierten Bodennutzungscode mit beliebigen, digitalisierten Perimetern (z.B. administrative Einheiten, Jagdreviere, Koordinatenausschnitte) verknüpft und kombiniert mit anderen raumbezogenen Daten (Höhenlage, Bevölkerung, Bauzonen) ausgewertet werden.

Aus erhebungsmethodischen Gründen sind der Aussagekraft und Weiterverwendung der Resultate jedoch gewisse Schranken gesetzt. Die Stichprobenmethode beinhaltet, insbesondere für kleine Räume, einen nicht vernachlässigbaren theoretischen Fehler (je kleiner die Fläche, desto grösser der Fehler!). Die Genauigkeit hängt insbesondere von der Anzahl der Stichprobenpunkte und dem Typ der Nutzungsart (linienförmig, gross-, kleinflächig) ab (Anhang 2).

Die unterschiedlichen Erhebungsmethoden führen ferner dazu, dass die mit der Methode der stichprobenweisen Luftbildinterpretation erhobenen moderneren Arealstatistiken nicht direkt mit der Arealstatistik 1972 (dominante Nutzung in der Hektare) oder anderen früheren Erhebungen vergleichbar sind. Von entsprechenden Zeitreihen sowie von Aussagen über Nutzungsänderungen muss deshalb abgeraten werden.

Für die systematische Auswertung von Gemeinde-, Bezirks- und Kantonsresultaten wurden Standardaggregationen verwendet. Während sich diese mit Einschränkungen auch für kleinräumige Untersuchungen eignen, so ist die Differenzierung in die Grundkategorien nur für grössere Räume (Region, Kanton) zu empfehlen.

Nomenklatur 2004



der Standardnomenklatur an. Damit kann die statistische Zuverlässigkeit (Signifikanz), insbesondere für kleinräumige Auswertungen, verbessert werden.

Das Dokument [Standardnomenklatur NOAS04](#) enthält einen Überblick über alle Standardkategorien und Aggregationen.

Bodenbedeckungsnomenklatur NOLC04

Die Einteilung auf der obersten Aggregationsstufe in die sechs *Hauptbereiche* künstlich angelegte Flächen; Gras-, Krautvegetation; Gebüschvegetation; Baumvegetation; vegetationslose Flächen; Wasser und Feuchtfächen stellt eine grobe Gliederung dar, welche unter anderem auch den Vergleich mit internationalen Erhebungen ermöglichen soll.

Die 27 *Grundkategorien* können aber auch zu anderen aggregierten Klassen zusammengefasst werden, was sich in der Praxis als nützlich und nachvollziehbar erwiesen hat. Durch die Aggregation (= Zusammenfassung/ Gruppierung) der Grundkategorien kann der Stichprobenfehler verkleinert und eine sinnvollere Aussage gewonnen werden. Durch eine flexibel, spezifischen Problemstellungen angepasste thematische Aggregation der Daten können aber auch unterschiedliche Fragestellungen und die räumliche Verteilung der Bodenbedeckung berücksichtigt werden.

Das Dokument [Bodenbedeckung NOLC04](#) enthält einen Überblick über alle Bodenbedeckungskategorien und Aggregationen.

Bodennutzungsnomenklatur NOLU04

Die Bodennutzungsnomenklatur NOLU04 ist in vielen Bereichen (z.B. Siedlung) identisch mit der Standardnomenklatur NOAS04. Unterschiede gibt es jedoch in den Bereichen Landwirtschaft und Bestockung. Ein Beispiel:

Kategoriennamen der NOLU04 mit dem Extend «i.w.S.» (z.B. Alp- und Juraweiden i.w.S.) beinhalten auch Alpweiden, auf welchen aufgelöste Baumbestände vorkommen. Gemäss der Matrix werden solche Fälle in der NOAS04 in die Grundkategorie (AS55) *Aufgelöster Baumbestand (auf landwirtschaftlichen Nutzflächen)* überführt. Die AS55 ist jedoch eine Grundkategorie der Standardnomenklatur, welche den Bestockten Flächen zugerechnet wird. Dieses Beispiel soll erklären, wieso der Hauptbereich der NOLU04 «Landwirtschaft» nicht identisch ist mit dem Hauptbereich «Landwirtschaftsflächen» der NOAS04.

Die Einteilung auf der obersten Aggregationsstufe in die vier *Hauptbereiche* Siedlung, Landwirtschaft, Bestockung und Unproduktiv stellt eine grobe Aufgliederung dar.

Die 46 *Grundkategorien* können aber auch zu einer 10-er Aggregation zusammengefasst werden, was sich in der Praxis als nützlich und nachvollziehbar erwiesen hat.

Das Dokument [Bodennutzung_NOLU04](#) enthält einen Überblick über alle Bodennutzungskategorien und Aggregationen.



Beschreibung Variablenliste

Die standardmässig angebotenen Geodaten nach Nomenklatur 2004 (NOAS04) umfassen einerseits Resultate der vier Erhebungen 1979/85, 1992/97, 2004/09 und 2013/18 für die ganze Schweiz. Zudem werden ab 2022 jährlich aktualisierte Ergebnisse der bis zum jeweiligen Publikationstermin verfügbaren Regionen aller fünf Erhebungen inklusive 2020/25 veröffentlicht. Sie werden als Textdatei mit über 4,1 Millionen Zeilen (oder Records) für die ganze Schweiz, dem Semikolon als Delimiter und dem Dateinamen [ag-b-00.03-37-area-csv.csv](#) angeboten.

Diese Datei, die aus dem Internet heruntergeladen werden kann, enthält in den Spalten die Variablen (siehe unten und in der [Variablenliste](#)) und in den Zeilen Stichprobenpunkte innerhalb der Landesgrenzen der Schweiz.

Merkmale der Daten

Die Geodaten enthalten die nachfolgenden Variablen für jede Hektare:

- Primärschlüssel «**RELI**» welcher sich aus den Stellen 2 bis 5 der E- und N-Hektarkoordinaten zusammensetzt;
- Hektarkoordinaten «**E_COORD**» und «**N_COORD**» der Hektaren im Schweizer Koordinatensystem LV95 (7-Stellen). Die Koordinaten repräsentieren den jeweiligen Stichprobenpunkt (Schnittpunkte der Hektarkoordinaten);
- Die historisierte Gemeindenummer «**GMDE_HISTID**» des historisierten Gemeindeverzeichnis und die BFS-Gemeindenummer "**GMDE**" des amtlichen Gemeindeverzeichnis der Schweiz;
- Die Flugjahre "**FJaa**" der Luftbilder, die für die Interpretation der Arealstatistik verwendet werden;
- Die Klassifizierungsmethode der Arealstatistik 2020/25 «**METHOD25**», wobei zwischen automatisch und visuell unterschieden wird;
- Die Information einer unechten Veränderung zwischen den Erhebungen 2013/18 und 2020/25 «**UNREAL25**», wobei zwischen Verschiebung der Punktlage und einer vorangegangenen Fehlinterpretation unterschieden wird;
- Die Variablen "**ASaa(R)_XX**" beschreiben die 72 Basiskategorien oder Aggregationen in 27, 17 oder 4 Klassen (XX) der Standardnomenklatur für die Arealstatistik der einzelnen Erhebungen (aa). Das R gibt an, ob es sich um revidierte Daten handelt;
- Die Variablen "**LC(R)aa_XX**" beschreiben die 6 aggregierten Kategorien oder die 27 Basiskategorien (XX) der Bodenbedeckung aus der Arealstatistik der einzelnen Erhebungen (aa). Das R gibt an, ob es sich um revidierte Daten handelt;
- Die Variablen "**LU(R)aa_XX**" beschreiben die 4 oder 10 aggregierten Kategorien oder die 46 Basiskategorien (XX) der Bodennutzung aus der Arealstatistik der einzelnen Erhebungen (aa). Das R gibt an, ob es sich um revidierte Daten handelt.

Publikationen und weiterführende Literatur

Publikationen zu den Arealstatistiken 1979/85 und 1992/97

Bundesamt für Statistik: Die Bodennutzung der Schweiz: Arealstatistik 1979/85. Farbbroschüre, 16 Seiten, Bern 1992. ISBN 3-303-02001-9 (deutsche Ausgabe, auch in französisch, italienisch und englisch verfügbar)

Bundesamt für Statistik: Die Bodennutzung der Schweiz: Arealstatistik 1979/85 – Resultate nach Gemeinden. 227 Seiten, 16 Farbkarten A5, Bern 1992. ISBN 3-303-02004-3 (zweisprachig deutsch und französisch)

Bundesamt für Statistik: Die Bodennutzung der Schweiz: Arealstatistik 1979/85 – Kategorienkatalog. 192 Seiten, mit 4 beiliegenden Entscheidungsdiagrammen und 8 Seiten Fotobeispielen, Bern 1992. ISBN 3-303-02009-4 (deutsche Ausgabe, auch in französisch verfügbar)

Bundesamt für Statistik: Die Bodennutzung der Schweiz: Arealstatistik 1979/85 – Resultate nach Kantonen und Bezirken. 233 Seiten, 2 Karten A4, 14 Farbkarten A5, Bern 1993. ISBN 3-303-02012-4 (deutsche Ausgabe, auch in französisch verfügbar)

Bundesamt für Statistik: Die Bodennutzung der Schweiz 1:300'000. Farbkarte 117×84 cm mit rückseitigem Text und statistischen Auswertungen, Bern 1994 (viersprachig deutsch, französisch, italienisch und englisch)

Bundesamt für Statistik: Arealstatistik Schweiz: Die Bodennutzung in den Kantonen

- Vaud, Genève. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. 93 Seiten, Bern 1996. ISBN 3-303-02029-9 (zweisprachig deutsch und französisch)
- Freiburg, Neuchâtel, Jura. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. 93 Seiten, Bern 1996. ISBN 3-303-02030-9 (zweisprachig deutsch und französisch)
- Bern, Luzern, Obwalden, Nidwalden. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. 127 Seiten, Bern 1997. ISBN 3-303-02031-0 (zweisprachig deutsch und französisch)
- Solothurn, Basel-Stadt, Basel-Landschaft, Aargau. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. 105 Seiten, Bern 1997. ISBN 3-303-02038-8 (zweisprachig deutsch und französisch)
- Wallis. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. 55 Seiten, Bern 1998. ISBN 3-303-02040-X (zweisprachig deutsch und französisch)
- Zürich, Zug, Schaffhausen, Thurgau. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. 93 Seiten, Neuchâtel 1998. ISBN 3-303-02046-9 (zweisprachig deutsch und französisch)
- Uri, Schwyz, Glarus, Appenzell Ausserrhoden, Appenzell Innerrhoden, Sankt Gallen. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. 95 Seiten, Neuchâtel 1999. ISBN 3-303-02053-1 (zweisprachig deutsch und französisch)
- Graubünden, Ticino. Gemeindeergebnisse 1979/85 und 1992/97. 95 Seiten, Neuchâtel 2001. ISBN 3-303-02058-2 (zweisprachig deutsch und italienisch)

Bundesamt für Statistik: Arealstatistik Schweiz: Bodennutzung im Wandel. Farbbroschüre, 32 Seiten, Neuchâtel 2001. ISBN 3-303-02061-2 (deutsche Ausgabe, auch in französisch, italienisch und englisch verfügbar)

Bundesamt für Statistik: Arealstatistik Schweiz: Zahlen – Fakten – Analysen. 99 Seiten, durchgehend farbig illustriert, Neuchâtel 2005. ISBN 3-303-02090-6 (deutsch, mit französischer, italienischer und englischer Zusammenfassung)



Publikationen zur Arealstatistik 2004/09

Bundesamt für Statistik: Neue Resultate der Arealstatistik für 623 Westschweizer Gemeinden. Medienmitteilung Nr. 0350-0701-10. Neuchâtel 6.2.2007 (deutsche Ausgabe, auch in französisch und italienisch verfügbar).

Bundesamt für Statistik: Arealstatistik Schweiz: Zustand und Entwicklung der Landschaft Schweiz. Farbiges Leporello. Periodisch aktualisierte Ausgaben: 2007, 2008, 2009/10, 2011/12. Neuchâtel (in deutscher und französischer Sprache verfügbar).

Bundesamt für Statistik: Landschaft Schweiz im Wandel: Siedlungswachstum in der Schweiz. BFS Aktuell farbig illustriert, 4 Seiten, 2010. Neuchâtel (in deutscher und französischer Sprache verfügbar).

Bundesamt für Statistik: Landschaft Schweiz im Wandel: Flächen für Freizeit, Erholung und Sport. BFS Aktuell farbig illustriert, 4 Seiten, 2011. Neuchâtel (in deutscher und französischer Sprache verfügbar).

Bundesamt für Statistik: Landschaft Schweiz im Wandel: Die Waldausbreitung im Alpenraum. BFS Aktuell farbig illustriert, 4 Seiten, 2012. Neuchâtel (in deutscher und französischer Sprache verfügbar).

Bundesamt für Statistik: Die Bodennutzung in der Schweiz – Resultate der Arealstatistik. Farbbroschüre, 24 Seiten, Neuchâtel 2013. ISBN 978-3-303-02121-7 (deutsche Ausgabe, auch in französisch, italienisch und englisch verfügbar).

Bundesamt für Statistik: Landschaft Schweiz im Wandel: Siedlungsflächen pro Einwohner. BFS Aktuell farbig illustriert, 4 Seiten, 2014. Neuchâtel (in deutscher und französischer Sprache verfügbar).

Weitere Publikationen und relevante Literatur

Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Raumplanung; H. Trachsler, O. Kölbl, B. Meyer, F. Mahrer: Stichprobenweise Auswertung von Luftaufnahmen für die Erneuerung der Eidgenössischen Arealstatistik – Bericht über einen Versuch in verschiedenen Testgebieten der Schweiz. 98 Seiten, Bern 1980; vergriffen.

Bundesamt für Statistik; J. Burkhalter, J. Sager: Laubwald–Mischwald–Nadelwald – Walddifferenzierung mit digitalen Satellitendaten. 112 Seiten, durchgehend farbig illustriert, Neuchâtel 2003; ISBN 3-303-02076-0 (deutsch, mit französischer, italienischer und englischer Zusammenfassung).

Bundesamt für Statistik: Nationale Schutzgebiete und ihre Nutzung; in: Umweltstatistik Schweiz, Nr. 13. Farbbroschüre, 32 Seiten, Neuchâtel 2004; ISBN 3-303-02081-7 (deutsche Ausgabe, auch in französisch verfügbar).

Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Strassen, Bundesamt für Umwelt, Bundesamt für Raumentwicklung; Jochen Jaeger, René Bertiller, Christian Schwick: Landschaftszerschneidung Schweiz – Zerschneidungsanalyse 1885–2002 und Folgerungen für die Verkehrs- und Raumplanung. Kurzfassung, 36 Seiten, durchgehend farbig illustriert, Neuchâtel 2007; ISBN 978-3-303-02105-7 (deutsch, auch französisch und englisch verfügbar).

Anhang 1: Methode der Arealstatistiken

Aufbereitung und Visualisierung der digitalen Luftbilder 1979/85 und 1992/97

Sobald bei einem Kartenblatt 1:25'000 die Aerotriangulationen für die Luftbilder der beiden Arealstatistiken 1979/85 und 1992/97 abgeschlossen war, übermittelte swisstopo dem BFS die Orientierungselemente (als *Socet Set Supportfiles*) der verschiedenen Zeitstände. Anschliessend wurden die Luftbilder bzw. die Luftbildstreifen durch das BFS von den entsprechenden swisstopo-Servern kopiert. Bei Kartenblättern mit Luftbildstreifen mussten die Supportfiles der Luftbilder anschliessend mit einem Programm der WSL konvertiert werden, damit Socet Set die Luftbilder und die Luftbildstreifen gleichzeitig in der gleichen Projektion zeigte.

Die Vorbereitung der Bilddaten eines Kartenblatts 1:25'000 erforderte folgende Arbeitsschritte:

- Bestimmen aller Luftbilddaten, die für das Kartenblatt benötigt werden.
- Kopieren der entsprechenden Luftbilder (und Luftbildstreifen) auf eine der Interpretations-Workstations.
- Erstellen eines Socet Set Projekts für das Kartenblatt.
- Berechnung der Bildpyramiden für sämtliche Luftbilder (und Luftbildstreifen).
- Festlegen der für das Interpretieren zu verwendenden Bildpaare für jeden Stichprobenpunkt des Kartenblatts.
- Übernehmen des endgültigen Socet Set Projekts auf alle Interpretationsrechner, damit jedes Kartenblatt von jeder Workstation aus bearbeitet werden kann.

Anschliessend war das Kartenblatt für die Interpretation bereit. Die Arealstatistik-Applikation startete die Photogrammetrie-Software *Socet Set*, die die Bildpaare auf den speziellen Workstations stereoskopisch darstellte. Dann wurden für alle vier Zeitstände in je einem Fenster die zum aktuellen Stichprobenpunkt gehörenden Luftbildpaare geladen. Jeder Stichprobenpunkt wurde mit einem Winkel (Scheitel im Stichprobenpunkt und Winkelschenkel von 25 m nach Norden und nach Osten) in allen vier Stereofenstern dargestellt (Abb. 6).

Im Erfassungsfenster (Abb. 7) waren allfällige Veränderungen vorzunehmen, und anschliessend waren die Interpretationscodes durch Klicken des Knopfes «Next» in der Datenbank abzuspeichern. Nach jeder Interpretation eines Stichprobenpunktes wurden die vier Stereofenster nachgeführt.

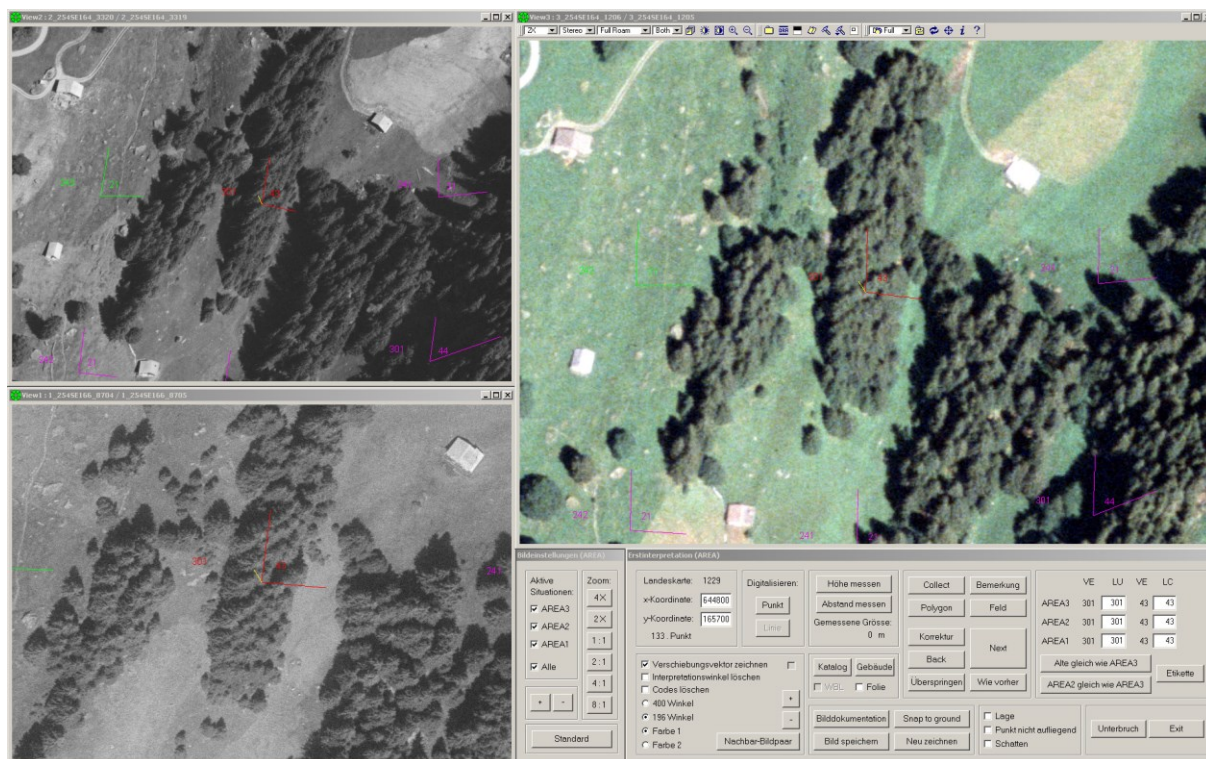


Abb. 6: Präsentation der Luftbildausschnitte der Arealstatistiken 1979/85, 1992/97 und 2004/09 für die stereoskopische Betrachtung und Interpretation von Bodennutzung und -bedeckung der mit farbigen Winkeln dargestellten Stichprobenpunkte

Erstinterpretation (AREA)

| | | | | | | | | |
|--|--|--|-------------------------------|--------------------------------|---|-----|-----|----|
| Landeskarte: 1229 | Digitalisieren: | Höhe messen | Collect | Bemerkung | VE | LU | VE | LC |
| x-Koordinate: 644800 | Punkt | Abstand messen | Polygon | Feld | AREA3 | 301 | 301 | 43 |
| y-Koordinate: 165700 | Linie | Gemessene Grösse: 0 m | Korrektur | Next | AREA2 | 301 | 301 | 43 |
| 133. Punkt | | | Back | Wie vorher | AREA1 | 301 | 301 | 43 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Verschiebungsvektor zeichnen | <input type="checkbox"/> Interpretationswinkel löschen | <input type="checkbox"/> Codes löschen | <input type="checkbox"/> WBL | <input type="checkbox"/> Folie | Alte gleich wie AREA3 | | | |
| <input type="radio"/> 400 Winkel | <input type="radio"/> 196 Winkel | <input type="radio"/> Farbe 1 | <input type="radio"/> Farbe 2 | Nachbar-Bildpaar | AREA2 gleich wie AREA3 | | | |
| Bildokumentation | | | | Snap to ground | <input type="checkbox"/> Lage | | | |
| Bild speichern | | | | Neu zeichnen | <input type="checkbox"/> Punkt nicht aufliegend | | | |
| | | | | | <input type="checkbox"/> Schatten | | | |
| | | | | | Unterbruch | | | |
| | | | | | Exit | | | |

Abb. 7: Erfassungsfenster mit Vorentscheiden und zur Eingabe der Codes für Bodennutzung und -bedeckung (rechts unten in Abb. 6)

Interpretation der Luftaufnahmen am Bildschirm

Die Interpretation der Luftaufnahmen aller Bildsituationen (1979/85, 1992/97, 2004/09, 2013/18) erfolgt an einem Bildschirm bzw. System, das eine dreidimensionale, stereoskopische Betrachtung von mit den dafür erforderlichen Parametern (wie Überdeckung, unterschiedliche Betrachtungswinkel...) aufgenommenem Bildmaterial ermöglicht (Abb.

6). Damit können auch Hangneigungen, Senken, Geländebrüche erkannt und die Höhe von Bäumen und Gebäuden eingeschätzt werden. Bei der Interpretation der Bodennutzung und -bedeckung wird jedem Stichprobenpunkt eine Kategorie des jeweiligen Nutzungskataloges zugeteilt und direkt in der entsprechenden Applikation am Bildschirm erfasst. Für die Zuteilung der Codes ist die Nutzung/ Bedeckung am Stichprobenpunkt (= Hektarkoordinate) massgebend, wobei in gewissen Fällen die unmittelbare Umgebung in die Beurteilung miteinbezogen wird (wann werden Bäume zum Wald?).

Zur Vereinheitlichung der Interpretation und zur Vermeidung von Missverständnissen wird ein Grossteil der Stichprobenpunkte von einem zweiten Bearbeiter kontrolliert. Im Fall von grossflächigen Nutzungen wie Wald, See- und Gletscherflächen, Fels, Geröll, unproduktive Vegetation und Reben wird auf eine Zweitbeurteilung verzichtet, sofern der erste Interpret gegenüber den früheren Erhebungen keine Nutzungs- und Bedeckungsänderungen feststellt und die Zuteilungen im Vergleich mit den Primärflächen von swissTLM^{3D} (digitales Landschaftsmodell von swisstopo) widerspruchsfrei sind.

Jede Eingabe eines Nutzungs- oder Bedeckungscodes wird durch das Erfassungsprogramm auf ihre Plausibilität geprüft, bevor sie in der Datenbank gespeichert wird. Dabei stützt sich die Software auf eine umfangreiche Liste von Regeln und Zusammenhängen, welche im Verlauf der Erhebung periodisch ergänzt und aktualisiert wird. Unwahrscheinliche Beobachtungen (z.B. Abbruch eines Gebäudes einer früheren Erhebung und Rückführung der Nutzung in die Landwirtschaft) müssen dabei von den Interpretierenden nochmals visuell geprüft bzw. explizit bestätigt oder korrigiert werden, bevor ein weiterer Punkt interpretiert werden kann. Einige Kombinationen sind gar als unmöglich definiert (z.B. Gebäude oder Vegetation auf einem Gletscher) und müssen zwingend anders codiert werden, um weiterarbeiten zu können.

Qualitätskontrolle durch Zusatzinformationen und Feldverifikation

Auf einem zweiten Bildschirm verfügen die Interpretierenden über eine Reihe von Zusatzinformationen, welche die Interpretation erleichtern oder beschleunigen können bzw. unsichere Entscheidungen besser abstützen können (Abb. 8). Dabei handelt es sich überwiegend um Geodaten, welche in Kartenform in jeweils spezifischen Fenstern bildhaft dargestellt werden, wobei der jeweils gezeigte Kartenausschnitt automatisch mit der Lage des aktuell bearbeiteten Stichprobenpunkts synchronisiert wird. Zu diesen Kartenfenstern gehören insbesondere:

- Neueste und zweitneueste Ausgabe der Landeskarte der Schweiz 1:25'000, auf welchen die Veränderungen zwischen beiden Ausgaben markant hervorgehoben sind (aufgrund der Pixelkarten von swisstopo speziell für die Arealstatistik angefertigt)
- Speziell für die Arealstatistik erzeugte Karte mit Gebäudeinformationen aus GWR und BUR, insbesondere zur Funktion der Gebäude (Ein-, Mehrfamilienhäuser, mit oder ohne Wirtschaftsbetrieben)
- Perimeter der Moorlandschaften, Hoch- und Flachmoore (Schutzgebiete BAFU)
- Bauzonen der Schweiz (harmonisierter, landesweiter Datensatz des ARE)
- Aktuellste Ausgabe des digitalen Farbborthotomosais SWISSIMAGE in naturnahen (RGB) sowie Falschfarben (mit Infrarotkanal).
- Parzellen, Nomenklatur und Bodennutzung der amtlichen Vermessung in Form eines WMS-Diensts von KOGIS/swisstopo erlauben im Randbereich von Siedlungen eine zuverlässigere Abgrenzung zwischen Siedlungsflächen (Hausumschwung, Gärten) und angrenzenden Landwirtschaftsflächen.

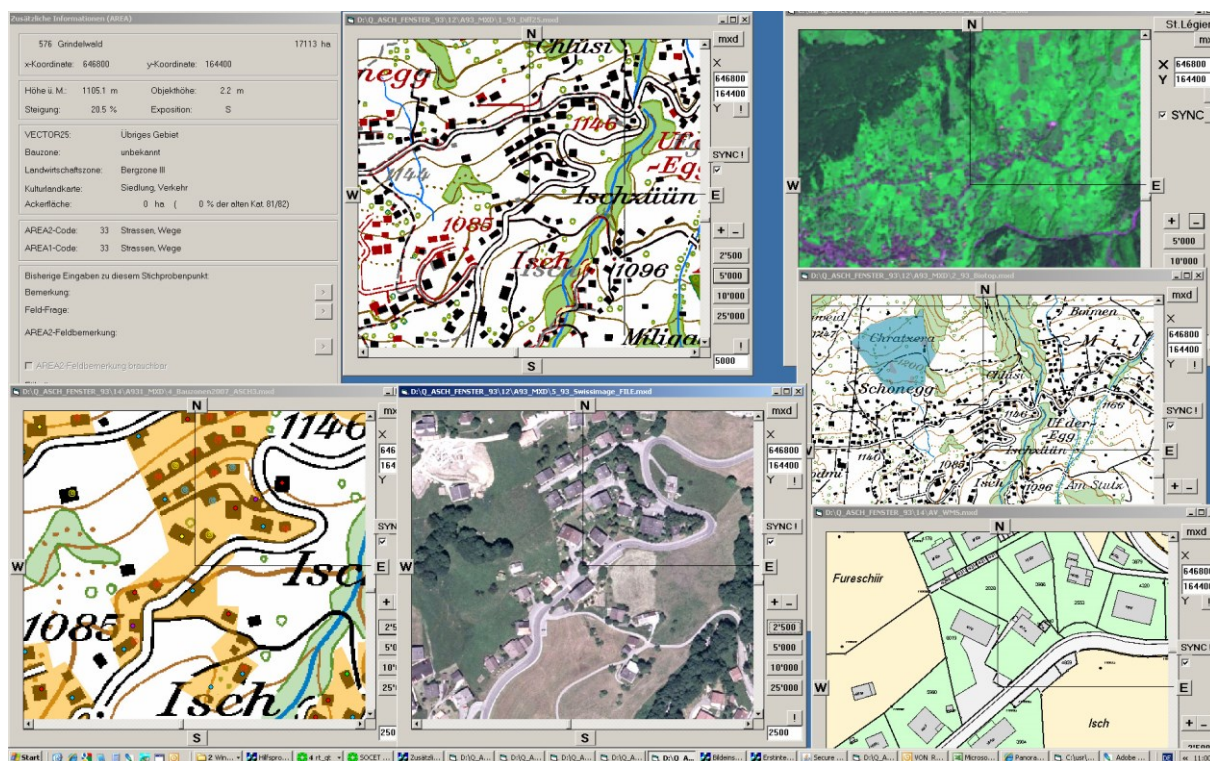


Abb. 8: Hilfsbildschirm mit einer Reihe von Zusatzinformation zur Erleichterung und Plausibilisierung der Interpretation

Nebst diesen Kartenfenstern können für jedes Gebäude auch alle relevanten Angaben aus dem Eidg. Gebäude- und Wohnregister GWR und dem Betriebs- und Unternehmensregister des Bundesamts für Statistik (BUR) sowie die Anzahl der Einwohner nach Volkszählung angezeigt werden. Diese Gebäudeanzeige wird auch genutzt, um möglichst viele Gebäude, die direkt von einem Stichprobenpunkt der Arealstatistik «getroffen» werden, permanent einem GWR-Gebäude zuzuordnen. Nicht zuletzt stehen jedem Interpreten natürlich auch vielfältige Informationen und Suchmöglichkeiten im Internet zur Verfügung, welche immer wieder die Funktion oder Verwendung schwierig zu interpretierender Gebäude, Überbauungen oder anderer Gebiete klären helfen können.

Während der Bildinterpretation können die Interpretierenden Punkte und Gebiete, deren Zuteilung nach wie vor schwierig oder unsicher bleibt, für eine genauere Abklärung anlässlich einer späteren Feldverifikation markieren. Bei der Kontrollinterpretation werden solche Markierungen, genau wie die «normalen» Nutzungs- und Bedeckungs-codes, verifiziert und entweder für die Abklärung im Feld bestätigt oder verworfen und definitiv zugeteilt. Nach Abschluss der Interpretation, Kontrolle und Besprechung eines oder mehrerer Kartenblätter, welche intern als Arbeitseinheiten verwendet werden, werden die immer noch offen oder unklar gebliebenen Punkte im Feld verifiziert und endgültig zugeteilt. Dabei erstellt das Team der Arealstatistik auch eine Fotodokumentation, welche für eigene Publikationen und Präsentationen, bei Bedarf und auf Wunsch aber auch für Projekte externer Dritter zur Verfügung gestellt werden können.

Nach Rückkehr ins Büro müssen die im Feld zugeteilten Stichprobenpunkte nur noch definitiv eingelesen sowie schliesslich das gesamte, abschliessend bearbeitete Kartenblatt zur Publikation freigegeben werden.



Anhang 2: Datenqualität und statistische Signifikanz

Die Stichprobenmethode hat gegenüber der flächenscharfen Abgrenzung der Nutzungen im Luftbild den Vorteil, dass sie wirtschaftlicher ist und schneller zu brauchbaren Resultaten führt. Ihr Nachteil besteht allerdings darin, dass die erzielten Ergebnisse für kleine Räume und kleinflächige Nutzungen relativ ungenau sind und die kartografische Darstellung nur beschränkt sinnvoll ist. Die Datenqualität und die Stichprobentheorie wurden in verschiedenen Publikationen zur Arealstatistik 1979/85 erläutert. An dieser Stelle sollen deshalb nur qualitative Überlegungen folgen. Stark vereinfacht und zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Fehler einer Punktstichprobenerhebung im Wesentlichen von zwei Faktoren abhängig ist, nämlich von der Häufigkeit einer bestimmten Nutzungsart einerseits und von deren Form, Grösse und Verteilung andererseits:

- Der *Schätzfehler* ist umso kleiner, je häufiger ein Stichprobenpunkt auf ein Merkmal – in unserem Falle auf eine Bodennutzungsart – trifft. Höhere Genauigkeit erfordert demnach grössere Erhebungsräume, eine kleinere Zahl der erhobenen Merkmale (Zusammenfassung der Kategorien) oder ein dichteres Stichprobennetz.
- Der *Stichprobenfehler* ist umso kleiner, je grösser die zusammenhängende Fläche der erhobenen Bodennutzungsart im Verhältnis zur Fläche ist, die durch einen Stichprobenpunkt repräsentiert wird (z.B. bei grossen Wäldern, Seen usw.). Hier findet der Stichprobenprozess nur in der Randzone statt, während im Innern ein einfacher Zählprozess ohne Fehleranteil durchgeführt wird. Umgekehrt sinkt die Genauigkeit bei stark streuenden, kleinflächigen Nutzungen (z.B. Einfamilienhäuser).

Die Kenntnis dieser Sachverhalte ist für die Beurteilung der Ergebnisse der verschiedenen Datensätze der Arealstatistik, insbesondere für kleinräumige Analysen und seltene, kleinflächige Nutzungsformen, unerlässlich. Noch grösseres Gewicht erhält deren Berücksichtigung bei den Angaben zum Bodennutzungswandel, das heisst beim Vergleich mehrerer Zeitstände. Im permanenten Stichprobenverfahren ist der Fehler der Änderungswerte nicht mehr von der Grundgesamtheit einer Nutzungsart, sondern direkt von der Anzahl der Stichprobenpunkte abhängig, welche eine Veränderung aufweisen. Da die Veränderungen nur einen Bruchteil der Zustandswerte ausmachen, weisen Änderungswerte deshalb einen massiv grösseren Stichprobenfehler auf als die Zustandswerte. Dies bedeutet für die Präsentation:

- Bei gleichem räumlichen Auswertenniveau muss die Veränderung stärker aggregiert dargestellt werden als der Zustand.
- Dasselbe Aggregationsniveau muss für die Analyse der Veränderung auf grössere Räume angewandt werden als bei der Beschreibung des Zustandes.

Auch wenn eine Grosszahl statistisch nicht signifikanter, zu kleiner Werte durch Reduktion des Nutzungsspektrums ausgemerzt werden kann, so werden solche Werte, in Abhängigkeit vom betrachteten Merkmal, dessen räumlicher Verteilung und vom Grössenspektrum der ausgewerteten Raumeinheiten nie gänzlich zu vermeiden sein. Gerade auf Gemeindestufe und besonders für kleine Gemeinden ergibt diese Entwicklung eine grosse Zahl kleiner, wenig signifikanter Werte, oder es wird überhaupt keine Verände-

rung ausgewiesen. Dies bedeutet aber nicht, dass tatsächlich keine Veränderung stattgefunden hat, sondern dass keine Änderungen an den Stichprobenpunkten angetroffen wurden und sich die Zu- oder Abnahme innerhalb des Fehlerbereiches bewegt, oder aber sich entgegengesetzte Prozesse gegenseitig ausgeglichen haben.



Anhang 3: Qualität der statistischen Information

Der statistische Fehler ist umso grösser, je kleiner die ausgewertete räumliche Einheit und je seltener das betrachtete Merkmal ist. Für kleinere Räume, zum Beispiel

Stichprobenfehler für ein Vertrauensintervall $p=95\%$

| Häufigkeit der Nutzungsart n | Fehler | |
|---|-------------------|------------------|
| | absolut ha | relativ % |
| 1 | ± 2.0 | ± 196 |
| 10 | ± 6.2 | ± 62 |
| 50 | ± 14 | ± 28 |
| 100 | ± 20 | ± 20 |
| 500 | ± 44 | ± 8.8 |
| 1000 | ± 62 | ± 6.2 |
| 5000 | ± 139 | ± 2.8 |
| 10000 | ± 196 | ± 2.0 |
| 20000 | ± 277 | ± 1.4 |
| 100 000 | ± 620 | ± 0.6 |
| 500 000 | ± 1386 | ± 0.3 |
| 1 000 000 | ± 1960 | ± 0.2 |

Gemeinden, kann der Fehler durch Reduktion des Detaillierungsgrads, das heisst stärkere thematische Aggregation von Merkmalen vermindert werden. Die Grössenordnung für den Schätzfehler nach Binomialformel und für ein Vertrauensintervall von 95% kann der nachfolgenden Fehlertabelle entnommen werden.