



Validierung

HR-Layer Imperviousness 2009

Charlotte Steinmeier
WSL
Landschaftsdynamik - Fernerkundung

Birmensdorf, 31. Oktober 2011

AUSGANGSLAGE

Der HR-Layer *Imperviousness Update* wurde direkt von Infoterra (Taskmanager HR – Layer imperviousness in Geoland-2) zur Verfügung gestellt. Er deckt das gesamte Landesgebiet der Schweiz ab und umfasst die lt. Geoland-2 ausgelieferten Datensätze und Metadaten.

Da es in der Schweiz keinen vergleichbaren Datensatz gibt, ist es interessant und wichtig zu wissen, welche Genauigkeit diese Daten (auf Schweizer Landesgebiet) haben.

METHODIK UND ERGEBNISSE

Zur Validierung wurden drei unterschiedliche Verfahren verwendet:

- Look and feel (qualitativ)
- Prozentualer Vergleich auf kleinen Testflächen (50m x 50m) (quantitativ)
- Vergleich HR-Layer zu Arealstatistik und Landesforstinventar (quantitativ)

Bei allen Bildbeispielen ist unten rechts die Position in Schweizer Koordinaten zu sehen.

LOOK AND FEEL

Hierzu wurde am Bildschirm mit Hilfe eines GIS die Topografische Landeskarte 1:50'000, aktuelle Ortho-Luftbilder und ein Spot-Mosaik hinterlegt. Der Gesamteindruck ist positiv - es wurden kaum grössere, grobe Fehlklassierungen festgestellt. Schaut man jedoch im Detail, dann können sowohl in „einfachen“ (z.B. Mittelland, Agglomerationen) als auch in „schwierigen“ Gebieten (z.B. felsdurchsetzte Regionen, steile Schattenlagen, Rinnen/Murgänge im Berggebiet) Fehlzuweisungen bzw. Omissions erkannt werden. Da dies sich oft nur kleine Flächen (0.5 – 2ha) betrifft, war schwierig abzuschätzen, wie stark sich das insgesamt auswirkt. Zur Veranschaulichung sind im Anhang Beispiele aus drei verschiedenen Regionen gezeigt. Als Hintergrund wurde das Spotmosaik-CH verwendet, in blau der Siedlungslayer-CH und in Rot der HR-Layer. Die beiden Layer wurden transparent gehalten, um die Realität auf dem Spotbild zu sehen. Dabei ist zu beachten, dass der Siedlungslayer Schweiz NICHT eine Versiegelungskarte ist, sondern Siedlungsgebiete darstellt. Er ist jedoch hilfreich um auch kleine Siedlungen rasch zu erkennen.

VERGLEICH AUF KLEINEN TESTFLÄCHEN

Im Rahmen des 3. Schweizerischen Landesforstinventars (LFI) wurde eine Luftbildinterpretation auch ausserhalb der Waldgebiete durchgeführt [2]. Auf einem grobmaschigen Gitter wird auf einer Probefläche von 50m x 50m für 25 Punkte die

Bodenbedeckung bestimmt [Abb. 1]. Die Zuordnung erfolgt in 11 Klassen und wird punktgenau durchgeführt. Relevant ist dabei diejenige Klasse, auf die die Messmarke von oben auftrifft. Damit ist auch gewährleistet, dass diese Auswertung bei übereinanderliegenden Objekten dasselbe Objekt klassiert wird wie bei der automatischen Klassifikation des HR-Layers.

Für den Vergleich mit dem HR-Layer werden die beiden Klassen *Befestigte Fläche* und *Bauobjekt* als versiegelt gezählt. Die Anzahl versiegelter Punkte im Cluster ergibt den Versiegelungsgrad pro Probefläche. Beim HR-Layer werden exakt dieselben Flächen extrahiert und dessen Anteil an versiegelter Fläche bestimmt.

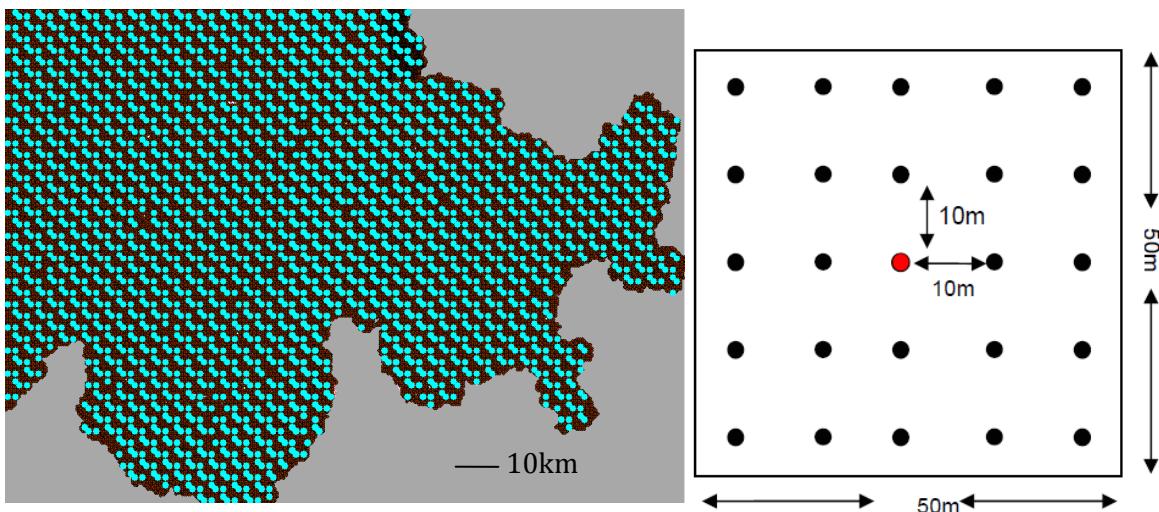


Abb. 1a: Punktverteilung in einem Ausschnitt der Schweiz

Abb. 1b: Punktverteilung auf der Probefläche

Insgesamt wurden 6916 Cluster (172'900 Punkte) ausgewertet. Dies entspricht 0,042% der Schweizer Landesfläche ($17,29 \text{ km}^2$). Tabelle 1 und Abbildung 2 zeigen die absolute und relative Verteilung der Probeflächen. Deutlich zu erkennen ist, dass der grösste Teil (79%) aller Probeflächen gar keine Versiegelung aufweist. 91% aller Flächen sind zu maximal 12% versiegelt, die restlichen 9% Flächenanteile verteilen sich auf die restlichen 21 Klassen. Diese Verteilung ist nicht überraschend, da die Versiegelung nur ca. 3% der Landesfläche ausmacht [3].

LFI	0%	4%	8%	12%	16%	20%	24%	28%	32%	36%	40%	44%	48%
% aller Probeflächen	79.1%	5.6%	4.1%	2.5%	1.3%	1.0%	0.6%	0.6%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.4%
Anzahl	5468	390	287	173	90	66	39	39	38	34	32	32	28

LFI	52%	56%	60%	64%	68%	72%	76%	80%	84%	88%	92%	96%	100%
% aller Probeflächen	0.5%	0.3%	0.4%	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.2%
Anzahl	32	20	25	20	12	13	15	14	7	10	8	10	14

Tabelle 1: Absolute und relative Verteilung aller Probeflächen nach Versiegelungsgrad

Probeflächen mit mehr als 50% Versiegelung sind nur wenig vertreten, so dass die statistischen Auswertungen eine hohe Streuung aufweisen (Abb.3).

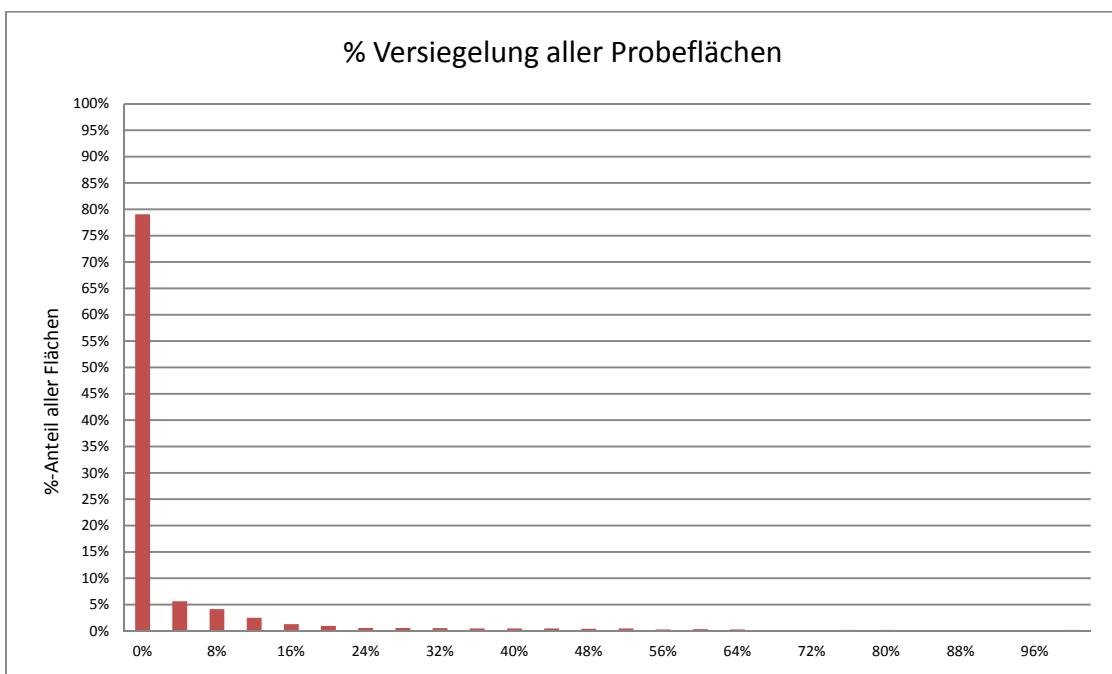


Abb. 2: Verteilung der Probeflächen entsprechend ihrem Versiegelungsgrad

Klassifikationsgenauigkeiten

Für die Beurteilung der Qualität der Karte eignen sich am besten die in der Fernerkundung üblichen Genauigkeitsmasse. Damit ist es möglich sowohl die Gesamtgenauigkeit (overall accuracy) wie auch Genauigkeiten in einzelnen Klassen auszudrücken.

Da die Berechnung der Versiegelung in der LFI Erhebung auf 25 Punkten basiert, kann der Versiegelungsgrad nur in max. 4% Schritten angegeben werden. Die Einteilung der Klassen folgt deshalb dieser Skalierung. Für die Analyse wurden drei unterschiedliche Klasseneinteilungen vorgenommen:

1. 14 Klassen (8% Schritte)
2. 7 Klassen (16% Schritte)

3. 4 Klassen (32% Schritte)

Folgende Genauigkeitsmasse wurden berechnet:

- Overall accuracy: gibt den Prozentsatz aller richtig klassierten Pixel an. Dabei sind jedoch auch mögliche Zufallsübereinstimmungen enthalten. Deshalb wenig aussagekräftig.
- Kappa Koeffizient: dieser gibt an, inwiefern die Klassifikation von einer Zufallsübereinstimmung abweicht.
- Producer accuracy: Sie wird pro Klasse berechnet. Sie gibt den Prozentsatz an, wieviele Pixel dieser Klasse zur Referenzklasse zählen. Die falsch zugeordneten Pixel werden nicht berücksichtigt.
- User accuracy: Wird ebenfalls pro Klasse berechnet. Die user accuracy zeigt die Wahrscheinlichkeit an, dass es sich bei einem klassierten Pixel der Klasse (a) auch in Wirklichkeit um die Klasse (a) handelt.

In nachfolgender Tabelle sind für die drei Unterteilungen jeweils der Kappa-Koeffizient und die overall accuracy aufgeführt. Die Unterschiede zwischen den beiden Massen sind auffällig. Die Klassifikation scheint durchaus zufriedenstellend mit Werten von ca. 80% und mehr Genauigkeit. (Werte von ≥ 0.8 gelten bei Satellitenbilddaten als gut). Jedoch weisen die Werte der jeweiligen kappa Koeffizienten auf ungenügend genaue Ergebnisse. In der Literatur gelten Kappa-Werte von 0,40 bis 0,60 eventuell noch als annehmbar, Werte unter 0,40 sollten mit etwas Skepsis betrachtet werden, Reliabilitätswerte von $\kappa \geq 0,75$ scheinen gut bis ausgezeichnet (Greve and Wentura 1997).

	8% Klassen	16% Klassen	32% Klassen
overall accuracy	80.0%	82.2%	84.2%
kappa koeffizient	28.9	35.9	36.9%

Tabelle 2: Overall accuracy und Kappa koeffizienten bei unterschiedl. Klassen

Bei der Analyse einzelner Klassen ergeben sich deutliche Unterschiede. Sehr gut klassiert ist die Klasse „nicht versiegelt“ (0%). Sowohl user als auch producer accuracy haben sehr hohe Werte und die hohe Anzahl dieser Probeflächen (5468) unterstreicht dies noch. Für alle anderen Klassen zeigen die beiden Genauigkeitsmasse nur sehr tiefe Werte auf. Bei grösseren Klassenbreiten verbessert sich das Ergebnis leicht, aber alle Werte sind weiterhin tief.

Versiegelungsklassen														
	0	1-8%	0-16%	17-24%	25-32%	33-40%	41-48%	49-56%	57-64%	65-72%	73-80%	81-88%	89-96%	100%
user acc.	86.3%	27.8%	17.1%	10.1%	10.3%	15.5%	14.0%	25.0%	25.8%	25.9%	25.0%	20.0%	41.7%	80.0%
producer acc.	98.5%	8.8%	5.0%	6.7%	7.9%	13.6%	11.7%	17.3%	18.2%	28.0%	17.9%	11.8%	31.3%	28.6%

Tabelle 3: user-/producer accuracy bei Einteilung in 8% Klassen

Versiegelungsklassen							
	0	1-16%	17-32%	33-48%	49-64%	65-80%	81-100%
user accuracy	86.3%	46.2%	33.9%	36.1%	46.3%	42.6%	81.5%
producer accuracy	98.5%	14.3%	23.8%	31.0%	32.3%	37.7%	46.8%

Tabelle 4: user-/producer accuracy bei Einteilung in 16% Klassen

Versiegelungsklassen				
	0	1-32%	33-64%	65-100%
user accuracy	86.3%	62.4%	63.4%	81.1%
producer accuracy	98.5%	23.4%	50.0%	60.0%

Tabelle 5: user-/producer accuracy bei Einteilung in 32% Klassen

Die deutlich tiefere Anzahl der jeweiligen Probeflächen kann dieses Ergebnis allein kaum erklären. Denn die kleinsten Genauigkeiten sind in den Klassen mit tiefem Versiegelungsanteil. Die Anzahl Probeflächen ist hier deutlich höher als die mit hohem Versiegelungsanteil (s. Tab.1, Abb. 2).

Zur Veranschaulichung der Abweichungen wurde ein Crossplot erstellt (Abb. 3). Die blauen Linien sind die graphische Darstellung der Errormatrix, bei einem Schwellwert von 80% Versiegelung. Das bedeutet, dass alle Punkte, die im linken oberen Quadranten liegen die Ommissionfehler darstellen, die des rechten unteren Quadranten die Commissionfehler beinhalten und die beiden anderen sind korrekt. Entsprechend veranschaulichen die grünen Linien wenn der Schwellwert bei 30% Versiegelungsanteil liegt.

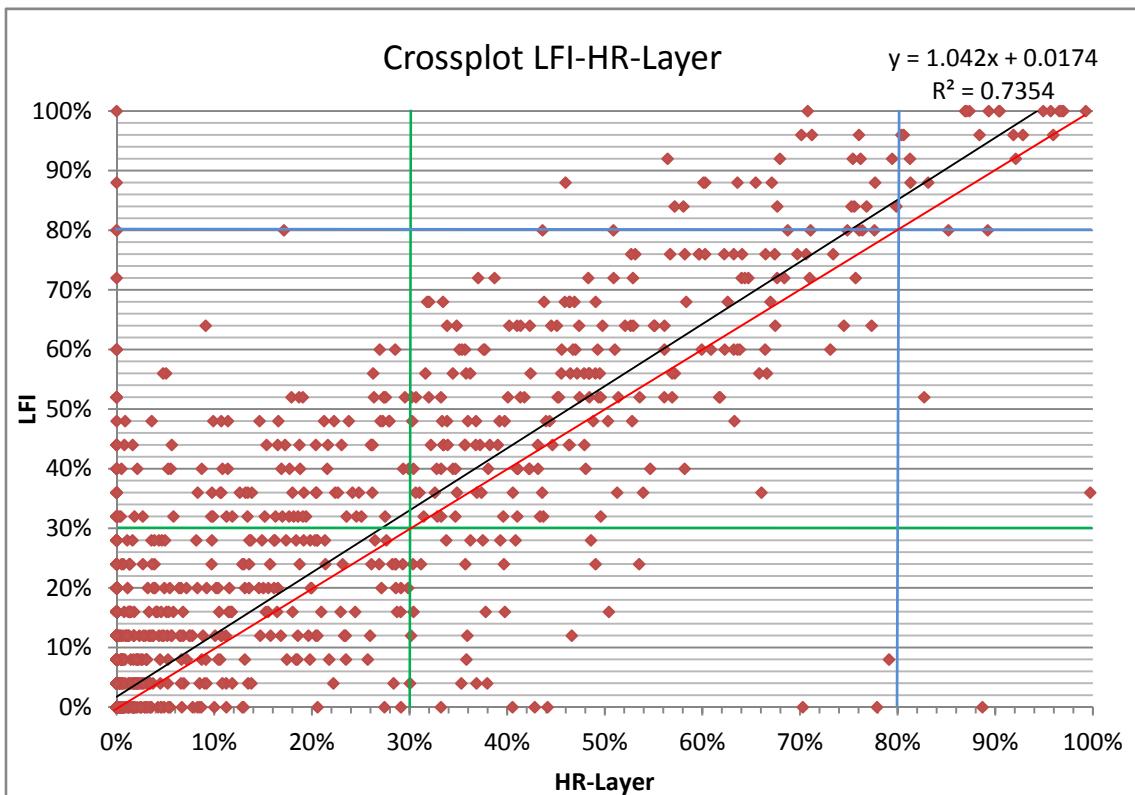


Abb. 3: Crossplot aller Samples mit Trendlinie (schwarz). Die grünen bzw. blauen Linien zeigen die Verteilung der Fehler bei 30% bzw. 80% Versiegelung.

Die Gründe für die starken Unterschiede sind sehr unterschiedlich. Nachfolgend ein paar Beispiele, bei denen der Unterschied $\geq 56\%$ beträgt.

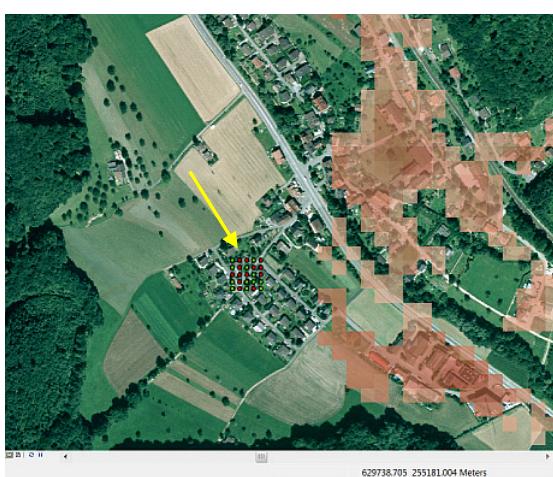


Abb. 4: fehlender Siedlungsrand

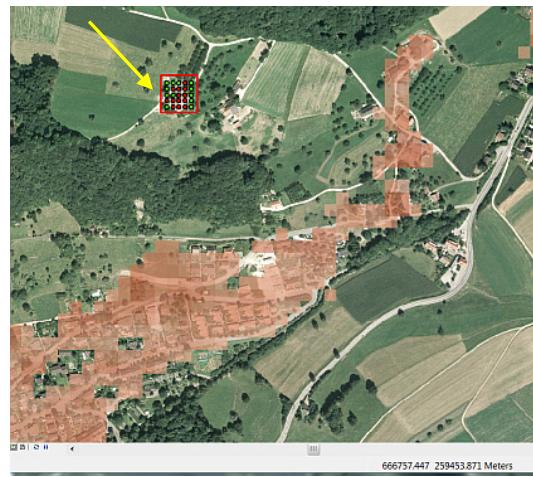


Abb. 5: fehlendes Gehöft

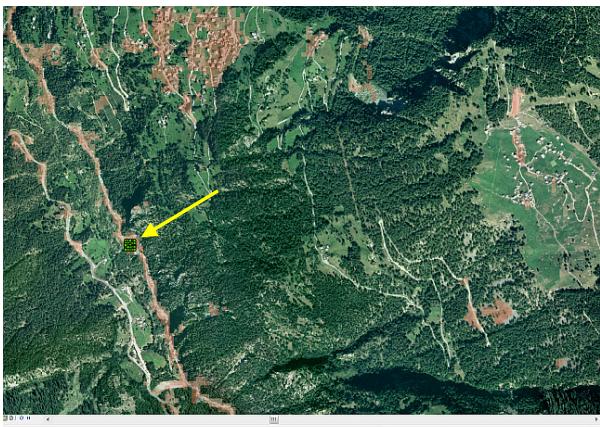


Abb. 6: Missklassifikation Bachbett,

fehlende Häuser



Abb. 7: Kiesgrube



Abb. 8: Gewächshäuser



Abb. 9: Acker

VERGLEICH BUILT UP FLÄCHE MIT AREALSTATISTIK UND LANDESFORSTINVENTAR

In der Schweiz basieren die offiziellen Angaben zu Landbedeckung/Landnutzung auf der Arealstatistik, die alle 12 Jahre neu erhoben wird. Mit der Arealstatistik 3 (Area3) gibt es neu drei unterschiedliche Nomenklaturen, wobei für diese Untersuchung die Nomenklatur *Bodenbedeckung* (NOLC04) mit 27 Klassen verwendet wurde [1].

Die Arealstatistik ist ein Punktentscheid, der auf einem regelmässigen Gitter von 100m Maschenbreite basiert. Die Aus-

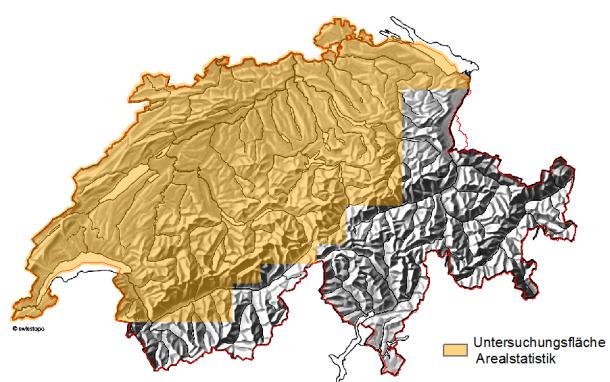


Abb. 10: Untersuchungsgebiet

wertung dieses statistischen Datensatzes ergibt für grosse Gebiete eine äusserst zuverlässige Referenz der Bodenbedeckung. Die hier verwendete, aktuelle Version (Mai 2011; Area3 2004/09) umfasst 26'056 km², also 63% der Schweizer Landesfläche.

Für den Vergleich wurden aus der Hauptkategorie *Künstlich angelegte Flächen* folgende drei Grundkategorien verwendet:

- Befestigte Flächen
- Gebäude
- Treibhäuser

Da z.Zt. die Arealstatistik nicht für die gesamte Landesfläche vorliegt, wurde sowohl beim HR-Layer wie auch bei der LFI-Fläche nur der Teil analysiert, der auch für Area vorliegt. Die Basis für den HR-Layer bildet die Built-Up Maske. Es zählen demzufolge alle Pixel, die einen beliebigen Versiegelungsgrad grösser Null besitzen und beim LFI Datensatz wie oben nur die beiden Klassen *Befestigte Fläche* und *Bauobjekt*.

Die versiegelte Fläche beträgt in

	Schweiz	Area Gebiet (CH 63%)
LFI	4,5%	5,9%
Area		6,2%
HR-Layer	4,81%	6,4%

Tab. 6: Vergleich Area, LFI, HR-Layer

Schweizweit betrachtet ist die Versiegelung bei LFI- und HR-Daten deutlich tiefer (Tab.6) als im Area Gebiet. Die bisher ausgewertete Fläche von Area deckt den grössten Teil des Mittellandes ab und die gebirgigen und bevölkerungsschwachen Gebiete Osten und Süden fehlen noch. Damit wird auch der Area Wert für die gesamte Schweiz tiefer ausfallen (im Vergleich: bei Area 2 waren es ca. 3%).

In der nachfolgenden Abbildung 5 sieht man, wie sich die versiegelte Gesamtfläche aufteilt, wenn man aus dem kontinuierlichen Datensatz Klassen bildet. Die Abbildung zeigt neben den beiden Gesamtsummen von Arealstatistik und HR-Layer die Aufteilung in 2 Klassen (0%-50%, 51%-100%) und in 5 Klassen (1%-20%, 21%-39%, 40%-59%, 60%-79%, 80%-100%).

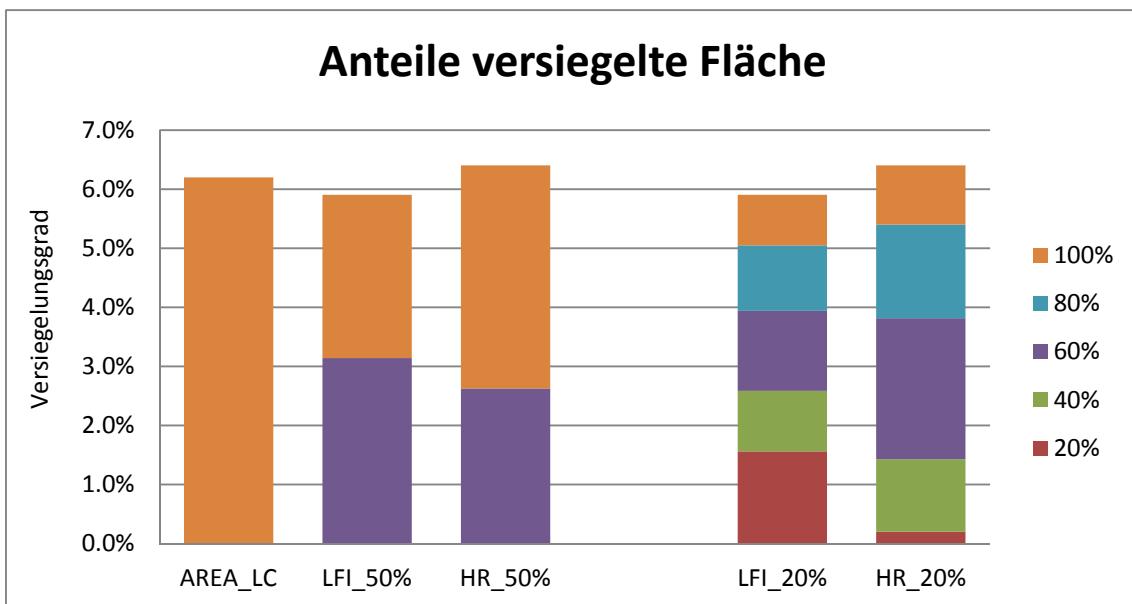


Abb. 5: Vergleich Area, LFI, HR-Layer

Alle drei Datensätze zeigen in der Summe einen ähnlichen Grad an versiegelter Fläche, wobei der HR-Layer den grössten Anteil ausweist. Die Abbildung zeigt auch, dass bei einer Aufteilung in Klassen, die Unterschiede grösser werden. In der LFI Interpretation sind 3,1% aller Flächen weniger als 50% versiegelt, wogegen es im HR-Layer nur 2,6% sind. Noch unterschiedlicher sieht es bei der Klassenaufteilung in 20% Schritten aus. Hier fällt vor allem auf, dass im HR-Layer die kaum versiegelten Flächen stark unterrepräsentiert sind und häufig dafür die Klasse 40-60% vertreten ist. Die tiefen Werte von Kappa Koeffizient, user- und producer accuracy (Tab. 2 – 5) unterstreichen diese Unterschiede.

Schlussfolgerungen

Für eine zuverlässige Validierung müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. Die Referenzdaten sollten möglichst zeitlich übereinstimmen, inhaltlich sollten dieselben Objekte erfasst werden und die Stichprobe zur Validierung muss genügend gross sein. Beide Referenzdatensätze erfüllen dies, da ihre Nomenklatur die Landbedeckung widergibt. Obwohl die Referenzdaten punktbasiert sind eignen sie sich ideal für die Validierung. Der Ansatz von Maucha [5] konnte aufgrund der vorhandenen LFI Daten direkt übernommen und entsprechend analysiert werden. Auch die manuell interpretierten Area Daten decken mit ihrem feinen Gitter von 100m Maschenweite die Landschaft ab und sind ermöglichen dadurch eine hohe Genauigkeit auf statistischer Ebene.

Die built-up Maske des HR-Layer umfasst laut Definition alle Pixel mit einem Versiegelungsgrad zwischen 1 und 100% (Annex 1 Delivery report). Die untersuchte Fläche (63% der Schweiz) beträgt bei Area 6.2%, bei HR 6.4%. Diese Differenz von 3.2% zwischen den beiden Datensätzen ist klein, bedenkt man, dass beim HR-Layer

auch sehr schwach versiegelte Flächen gezählt werden. Im selben Gebiet gibt es 4376 LFI Probeflächen mit insgesamt 109'230 Punkten. Statistisch ergeben diese einen Versiegelungsgrad von 5.9% bzw. eine Differenz zueinander von 8.5%.

Der entscheidende Unterschied des HR-Layer zu den LFI Probeflächen sind seine flächenbezogenen Daten sowie die Einteilung der Fläche in kontinuierliche Versiegelungsgrade. Die oben aufgeführten Tabellen zeigen, dass die Erfassung die Differenzierung in versiegelt oder nicht versiegelt sehr gut ist, die Zuweisung in die einzelnen Klassen jedoch nur unzureichende Werte erreicht. Alle 3 Gütemasse – Kappa Koeffizient, User- und Producer Accuracy – weisen tiefe Genauigkeiten auf.

Die Stärken des HR-Layer – kontinuierlicher Versiegelungsgrad und hohe Auflösung – halten dieser Validierung nicht stand. Interessant wäre noch eine Analyse mit Schwerpunkt in urbanen Gebieten, da sie einerseits in den LFI Probeflächen nur schwach vertreten sind und andererseits hier der HR-Layers einen Zusatznutzen bringen könnte.

QUELLEN

- [1] <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/nomenklaturen/blank/blank/noaslc04/01.html>
- [2] Ginzler, C.; Bärtschi, H.; Bedolla, A.; Brassel, P.; Hägeli, M.; Hauser, M.; Kamphues, M.; Laranjeiro, L.; Mathys, L.; Uebersax, D.; Weber, E.; Wicki, P.; Zulliger, D., (2005): Luftbildinterpretation LFI3. Interpretationsanleitung zum dritten Landesforstinventar. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL. 85 S.
- [3] <http://www.bafu.admin.ch/umwelt/indikatoren/08611/08664/index.html?lang=de>
- [4] Greve, W. and D. Wentura (1997): "Wissenschaftliche Beobachtung. Eine Einführung." Zeitschrift für Psychologie, 205: 377-395.
- [5] G. Maucha, Gy. Büttner, B. Kosztra (2011): European validation of GMES FTS Soil Sealing Enhancement Data. EARSeL Symposium Prag, 2011.

BEISPIELE FÜR LOOK & FEEL

Blau: Siedlungslayer CH, Rot: HR-Layer, gelbe Pfeile: Probleme HR, violette Pfeile: Probleme Siedlungslayer bzgl. Versiegelung

