



Flächennutzungsmonitoring VII Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien

IÖR Schriften Band 67 · 2015

ISBN: 978-3-944101-67-5

Methodik für ein Langzeitmonitoring der Siedlungsentwicklung

Hendrik Herold

Herold, Hendrik (2015): Methodik für ein Langzeitmonitoring der Siedlungsentwicklung. In: Gotthard Meinel, Ulrich Schumacher, Martin Behnisch, Tobias Krüger (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring VII. Boden – Flächenmanagement – Analysen und Szenarien. Berlin: Rhombos-Verlag, 2015, (IÖR-Schriften; 67), S. 215-220

Methodik für ein Langzeitmonitoring der Siedlungsentwicklung

Hendrik Herold

Zusammenfassung

Der Beitrag widmet sich der automatisierten Gewinnung von historischen Flächennutzungsinformationen aus archivierten Karten. In Verbindung mit aktuellen, bereits digital vorliegenden Landnutzungsdaten wird so ein retrospektives Monitoring der Flächennutzungs- und insbesondere der Siedlungsentwicklung über lange Zeiträume möglich. Für dieses Vorhaben werden zwei grundsätzliche Herausforderungen identifiziert und anschließend Lösungsansätze vorgestellt: Erstens, die verschiedenartige kartographische Repräsentation der geographischen Realität über die Zeit sowie zweitens, die dem Ansatz immanente Unsicherheit hinsichtlich der konkreten historischen Situation, die sich sowohl aus den Datenquellen selbst und als auch aus deren Verwendung für das Landnutzungsmonitoring ergibt. Mit der Gewinnung der für große Untersuchungsgebiete bisher nicht zugänglichen, digitalen historischen Landnutzungsinformationen leistet die Methodik einen wichtigen Beitrag für die Entwicklung von Strategien zur nachhaltigen Landnutzung, die ex-post Bewertung der Wirksamkeit raumplanerischer Steuerungsinstrumente sowie die geographische Theorie- und Modellbildung insgesamt.

1 Einführung

Das Wachstum menschlicher Siedlungsgebiete hat wesentlichen Anteil am Landnutzungswandel, der im globalen Maßstab zu bedeutsamen Veränderungen von Erdoberfläche und Atmosphäre geführt hat. Für die siedlungsgeographische Theorie- und Modellbildung, zur Entwicklung von Strategien zur nachhaltigen Landnutzung wie beispielsweise die EU-Initiative „No net land take by 2050“ (European Commission 2011, 12) sowie für die Evaluierung der Steuerungswirksamkeit raumplanerischer Instrumente sind Kenntnis und empirische Analysen der Landnutzungs- und Siedlungsentwicklung über lange Zeiträume von außerordentlich großer Bedeutung. Durch ein „Konservieren“ von räumlichen Landschafts- und Siedlungsmustern zu bestimmten Zeitpunkten in der Vergangenheit, können ältere Fernerkundungsdaten und vor allem historische Topographische Karten als sogenannte Altkarten dazu beitragen, den Landnutzungswandel für große Gebiete innerhalb etwa der letzten 250 Jahre nachzuvollziehen. Dieser besonders entscheidende Zeitraum seit der industriellen Revolution wird auch als Anthropozän bezeichnet und sogar als neue geologische Epoche vorgeschlagen (Crutzen 2002, 23).

Im Folgenden werden die wesentlichen Erkenntnisse aus der Dissertation des Autors (Herold 2015) vorgestellt. Zu Beginn werden die Eigenschaften der Datenquellen sowie die sich daraus ergebende Problemstellung für die automatisierte Gewinnung historischer Landnutzungsinformationen und deren Nutzung für ein Langzeitmonitoring aufgezeigt. Darauf aufbauend wird ein methodischer Ansatz zur adaptiven Bilddatenanalyse sowie der Behandlung und Modellierung der daten- und verfahrensimmanenten Unsicherheiten vorgestellt.

2 Datencharakteristika und Problemstellung

Weltweit werden durch Bibliotheken, Forschungseinrichtungen und andere nationale Institutionen in zunehmendem Maße große Bestände historischer Kartenwerke, die im deutschsprachigen Raum auch als Altkarten bezeichnet werden (vgl. Bill 2013; Bill et al. 2015), über Internetportale zur Verfügung gestellt. Eines der bekanntesten Portale ist die Plattform OldMapsOnline mit derzeit mehr als 400 000 indizierten Altkarten (OldMapsOnline 2015).

Trotz ihrer steigenden Verfügbarkeit und Relevanz beispielsweise für die Landschaftsforschung (siehe u. a. Antrop 2005), wird die Nutzung der enthaltenen Informationen durch die für GIS-basierte Studien notwendige aufwändige Digitalisierung limitiert. Diese Limitierung kann zu Einschränkungen des räumlichen und zeitlichen Analysebereichs und damit der Aussagefähigkeit von quantitativen, empirischen Untersuchungen führen.

Zur Unterstützung des häufig noch manuell durchgeführten Digitalisierungsprozesses (d. h. der Überführung von einer Raster- in eine Vektorrepräsentation) wird in der Literatur eine Vielzahl von Verfahren der automatisierten Kartenanalyse vorgeschlagen. Eine umfassende Verfahrensübersicht für verschiedene geographische Objekte findet sich in Herold (2015, 50 ff.). Allerdings sind viele Verfahren an einen bestimmten Kartentyp bzw. Kartenausgabe angepasst.

Für Langzeitstudien werden Karten mehrerer Jahrzehnte oder Jahrhunderte benötigt. Diese Altkarten unterscheiden sich zeitlich aufgrund der Entwicklungen der Kartographie, des Zeitgeistes und des technologischen Fortschritts in der Darstellungsform und der räumlichen Genauigkeit der Repräsentation der geographischen Wirklichkeit. Für die automatisierte Gewinnung historischer Landnutzungsinformationen für Langzeituntersuchungen gibt es daher zwei grundsätzliche Herausforderungen. Erstens, die verschiedenartige kartographische Repräsentation der geographischen Realität über die Zeit sowie zweitens, die dem Ansatz immanente Unsicherheit hinsichtlich der konkreten historischen Situation, die sich sowohl aus den Datenquellen selbst und als auch aus deren Verwendung für die Veränderungsdetektion ergibt. Vor diesem Hintergrund

wird im Folgenden ein methodischer Ansatz zur adaptiven Bilddatenanalyse für die Kartenauswertung vorgestellt.

3 Adaptive Bildanalyse für die Kartenauswertung

Um der Vielfalt an Darstellungsformen geographischer Objekte zu begegnen, kann die Kartenbildanalyse, speziell die semantische Segmentierung, als globales Optimierungsproblem aufgefasst werden (Herold 2015, 68 ff.). Dabei werden die Segmentierungsmethoden und deren Parametrisierungen unter Verwendung eines metaheuristischen, evolutionären Ansatzes anhand eines minimalen Sets von nutzergenerierten Referenzbeispielen so lange kombiniert und modifiziert, bis ein Optimierungskriterium, das heißt eine Genauigkeitsanforderung, erfüllt ist (vgl. Herold et al. 2014, 461 ff.). Abbildung 1 zeigt schematisch das beschriebene Vorgehen zur automatisierten Auswahl geeigneter Algorithmen und adaptiven Parametrisierung.

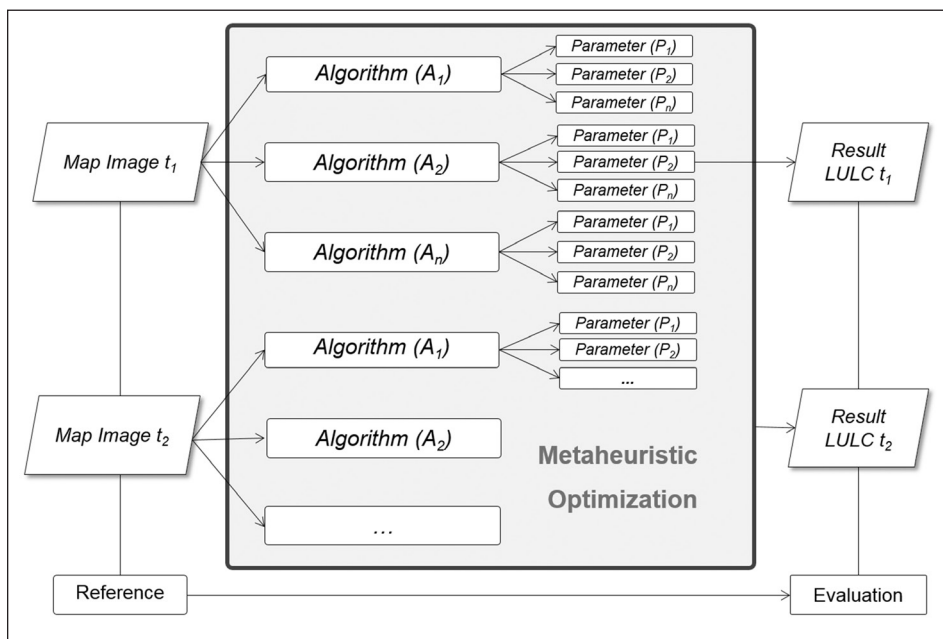


Abb. 1: Adaptive Bildsegmentierung unter Nutzung eines metaheuristischen Optimierungsverfahrens zur vereinfachten Gewinnung von historischen Landnutzungsinformationen (Quelle: Herold et al. 2014, 462)

Der Nachteil des Verfahrens ist, dass aufgrund der stochastischen Komponente das Optimierungskriterium möglicherweise nicht bzw. nach nichtbestimmter Zeit erreicht wird. Daher wurde das sogenannte Konvergenzverhalten des Verfahrens, das heißt der Verlauf zum Erreichen des Optimierungskriteriums, untersucht. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung des Konvergenzverhaltens innerhalb des Optimierungsverlaufs. Zur

Übertragung der Adaptierbarkeit auf die weiterführende Objektklassifikation wird in Herold (2015) eine hybride modell- und datengetriebene Strategie empfohlen, die einen wissensbasierten und einen neuronalen Netz-Klassifikator kombiniert.

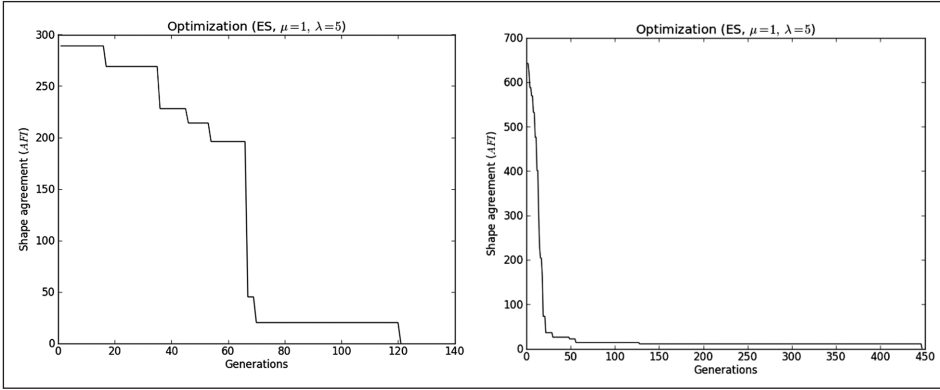


Abb. 2: Ergebnisbeispiele der adaptiven Bildsegmentierung unter Nutzung eines metaheuristischen Optimierungsverfahrens und dessen unterschiedliches Konvergenzverhalten (Quelle: Herold 2015, 106 ff.)

4 Modellierung verfahrensinhärenter Unsicherheiten

Die Verwendung der Datenquellen, die beschriebene automatisierte Gewinnung als auch deren zweckfremder Einsatz in der Veränderungsdetektion führen zu immanenten räumlichen, thematischen und zeitlichen Unsicherheiten hinsichtlich der konkre-

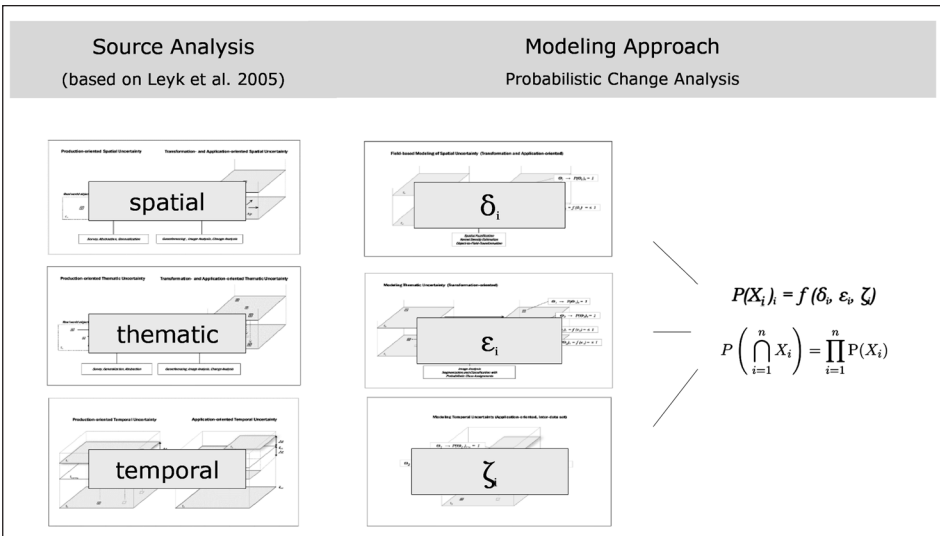


Abb. 3: Probabilistischer Ansatz zur Modellierung der räumlichen, thematischen und zeitlichen Unsicherheiten für das Langzeitmonitoring (Quelle: Herold 2015, 84 ff.)

ten Flächennutzungssituation zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Vergangenheit. Zur Modellierung dieser Unsicherheiten wurde ein auf Leyk et al. (2005) aufbauender, probabilistischer Ansatz entwickelt, der die Quantifizierung der Unsicherheiten für ein Langzeitmonitoring ermöglicht (siehe Abb. 3, vgl. Herold 2015, 84 ff.).

5 Fazit und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde ein methodischer Ansatz zur automatisierten Gewinnung historischer Flächennutzungsinformationen aus archivierten Karten für ein Monitoring der Siedlungsentwicklung über lange Zeiträume überblicksartig beschrieben. Ausführliche und weiterführende Beschreibungen zum Verfahren und seinen Anwendungsfeldern finden sich in Herold (2015). Mit der Möglichkeit zur Ableitung dieser für große Untersuchungsgebiete bisher nicht zugänglichen, digitalen Landnutzungsinformationen leistet die Methodik einen wichtigen Beitrag für die Entwicklung von Strategien zur nachhaltigen Landnutzung, die Bewertung der Steuerungswirksamkeit raumplanerischer Instrumente sowie die siedlungsgeographische Forschung. Weiterführende Anwendungsmöglichkeiten sind unter anderem die Kalibrierung und Validierung von räumlichen Landnutzungs- und Stadtentwicklungsmodellen über längere Zeiträume. Neben Verfahrensoptimierungen soll der Ansatz zukünftig vor allem praktische Anwendung bei der Prozessierung früherer Zeitstände der Flächennutzung und bundesweiten Berechnung von Indikatoren für den IÖR-Monitor (vgl. Meinel 2014) als auch in regionalen Langzeitstudien finden.

6 Literatur

- Antrop, M. (2005): Why landscape of the past are important for the future. *Landscape and Urban Planning*, 70(1-2)/2005, 21-34.
- Bill, R. (2011): Kulturlandschaftsforschung in einer Internet-GIS-Umgebung. In: Bill, R.; Flach, G.; Klammer, U.; Lerche, T. (Hrsg.): *GeoForum MV 2011, Geodateninfrastrukturen*. GITO Verlag: Berlin, 119-125.
- Bill, R.; Walter, K.; Mendt, J. (2014): Virtuelles Kartenforum 2.0 – Verfügbarmachung von Altkarten über eine räumliche Portalanwendung. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G.; Zagel, B. (Hrsg.): *Angewandte Geoinformatik 2014*. Berlin/Offenbach: Wichmann Verlag.
- Crutzen, P. J. (2002): Geology of mankind. In: *Nature*, 415(6867)/2002, 23.
- European Commission (2011): Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM (2011) 571 final, Brussels.
- Herold, H. (2015): An evolutionary approach to adaptive image analysis for retrieving and long-term monitoring historical land use from spatiotemporally heterogeneous map sources. Dissertation. Technische Universität Dresden, 177.

- Herold, H.; Meinel, G.; Csaplovics, E. (2014). Adaptive segmentation of heterogeneous images using metaheuristic optimization. In: Proceedings of the Geographic Object-Based Image Analysis. Thessaloniki, 461-465.
- Leyk, S.; Boesch, R.; Weibel, R. (2005): A Conceptual Framework for Uncertainty Investigation in Map-based Land Cover Change Modelling. Transactions in GIS, 9(3)/2005, 291-322.
- Meinel, G. (2014): Die Entwicklung von Siedlung und Freiraum in Deutschland – Datengrundlage, Methodik und ausgewählte Ergebnisse des IÖR-Monitors In: Kolbe, T. H.; Bill, R.; Donaubaue, A. (Hrsg.): Geoinformationssysteme 2014. Berlin: Wichmann, 126-135.
- OldMapsOnline (2015): OldMapsOnline – The search engine for historical maps. www.oldmapsonline.org/about (Zugriff: 05.07.2015).