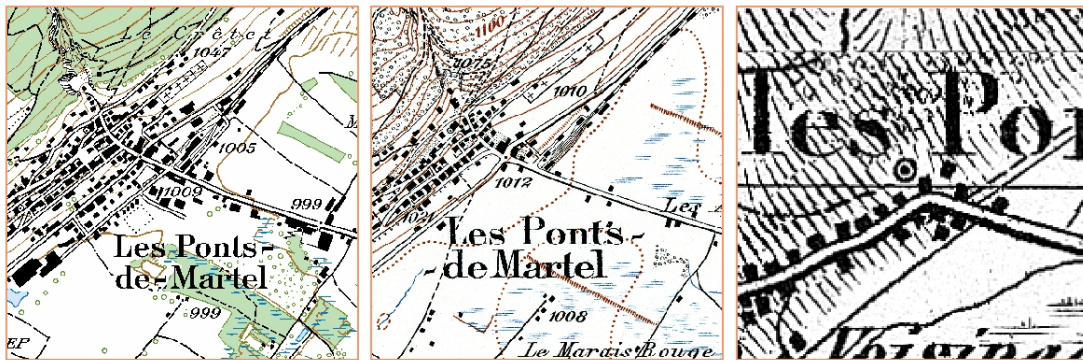


Konzipierung einer Siedlungsentwicklungskarte für den Atlas der Schweiz

Masterprojektarbeit Frühlingssemester 2013



Alessandro Beck (beckale@ethz.ch)
ETH Zürich, Studiengang Geomatik und Planung

Zürich, 31. Mai 2013

Betreuung: Dr. René Sieber und Stefan Räber
Institut für Kartografie und Geoinformation

Vorwort

Die schnelle Entwicklung von Siedlungsgebieten in der heutigen Schweiz sowie die Aktualität von raumrelevanten Themen wie Zersiedelung oder Innenentwicklung zeigen, dass der Raum als Lebensbereich für uns Menschen eine grosse Bedeutung hat. Er wird durch uns mitgestaltet und unterliegt einem ständigen Wandel. Um dabei die Auswirkungen unserer Aktivitäten besser verstehen und seine zukünftige Entwicklung in die richtigen Bahnen lenken zu können, muss man seine Entstehungsgeschichte betrachten. Topografische Karten bilden hierfür die ideale historische Grundlage.

Zur Darstellung der Siedlungsentwicklung bestehen bereits verschiedene kartografische Umsetzungen, die den Wandel über einen längeren Zeitraum darstellen und dadurch versuchen, ihn auf einfache Weise sichtbar zu machen. Jedoch ist die Erstellung solcher Karten entweder mit hohem Aufwand verbunden oder sie bilden nur einen Teil der Veränderungen ab.

Es ist demzufolge wünschenswert, ein Konzept zu entwickeln, welches es erlaubt, den siedlungsstrukturellen Wandel mit vertretbarem Aufwand differenziert zu erfassen und kartografisch anschaulich darzustellen. Dieses soll nicht nur auf städtische Gebiete, sondern schweizweit und somit auch auf ländliche Gemeinden anwendbar sein.

In dieser Arbeit werden zwei mögliche Ansätze entworfen und dabei diverse Aspekte der Siedlungsentwicklung diskutiert.

An dieser Stelle möchte ich mich bei den Herren Dr. René Sieber und Stefan Räber vom Institut für Kartografie an der ETH Zürich bedanken, die mir mit ihren kritischen Fragen und Ideen geholfen haben, diese Arbeit auf den richtigen Weg zu bringen.

Abstract

Die Siedlungsentwicklung nachzuvollziehen ist nicht nur von historischem Interesse, sondern hilft in Disziplinen wie der Raumplanung auch, die Auswirkungen des eigenen Handelns abzuschätzen und daraus Schlüsse für die Zukunft zu ziehen. Historisches Kartenmaterial bildet dabei eine wichtige Datengrundlage, um Veränderungen feststellen zu können. Damit diese für den Betrachter jedoch schnell erfassbar sind, müssen verschiedene Kartenstände miteinander verglichen und die Entwicklungsperioden in übersichtlicher Form kartografisch aufbereitet werden.

Diese Arbeit erarbeitet ausgehend von einer Analyse bisheriger Ansätze zwei unterschiedliche flächenbezogene Varianten einer Siedlungsentwicklungskarte. In diesen wird ein Gebiet nach einem bestimmten Schema in verschiedene Flächen unterteilt. Darin lassen sich anschliessend diverse Grössen herauslesen, welche Aussagen zur Bebauungsdichte und Siedlungsstruktur ermöglichen. Der sogenannte Rasternetzansatz basiert auf einem regelmässigen Rasternetz, während der Polygonansatz auf der Unterteilung des Siedlungsgebietes in einzelne Quartiere beruht. In drei Schweizer Gemeinden mit unterschiedlichem Entwicklungshintergrund (Chur, Les Ponts-de-Martel und Nidau) wurden mit beiden Ansätzen quantitative sowie qualitative Grössen getestet und Informationen zur Siedlungsstruktur, der Bebauungsdichte und ihrer Veränderungen kartografisch festgehalten. Dabei dienten die Kartenwerke Dufourkarte (um 1850), Siegfriedkarte (um 1940) und Landeskarte (heute) als Grundlage. Diese ermöglichten es, einen Betrachtungszeitraum von 150 Jahren zu analysieren. Historische und statistische Ausführungen ergänzen die kartografischen Rekonstruktionen der Siedlungsentwicklung.

Es hat sich gezeigt, dass beide Alternativen sowohl in ländlichen wie auch in städtischen Gebieten geeignet sind, siedlungsstrukturelle Veränderungen vielschichtig und anschaulich hervorzuheben. Der Aufwand der Kartierung ist dabei im Vergleich zu vielen bisherigen Ansätzen geringer.

Schwierigkeiten ergaben sich vor allem mit den massstabsbedingten Verzerrungen der Dufourkarte, welche eine genaue Messung der Schlüsselgrössen erschwerten. Aufgrund fehlender Vektordaten für die älteren Zeitstände war zudem in vielen Bereichen eine (subjektive) Interpretation der kartografisch dargestellten Situationen nötig.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage und Motivation	1
1.2	Zielsetzung	1
1.3	Vorgehen	2
2	Theoretischer Hintergrund	5
2.1	Grundlagedaten	5
2.1.1	Dufourkarte	5
2.1.2	Siegfriedatlas	6
2.1.3	Schweizer Landeskarte	6
2.2	Darstellungsmethoden zur Siedlungsentwicklung	6
2.2.1	Verschiedene Zeitstände mit einheitlicher Symbolisierung	8
2.2.2	Objektbezogene Veränderungen auf mehreren Karten	8
2.2.3	Objektbezogene Veränderungen auf einer Karte	10
2.2.4	Neue Siedlungsbereiche auf mehreren Karten	13
2.2.5	Siedlungsausdehnungen auf einer Karte	14
2.2.6	Visualisierung der Veränderung der baulichen Dichte	15
2.2.7	Spezialfälle	16
2.2.8	Interaktive Umsetzungen	18
2.3	Entwicklungsgeschichte der gewählten Gebiete	18
2.3.1	Chur	19
2.3.2	Les Ponts-de-Martel	21
2.3.3	Nidau	22
2.3.4	Statistische Betrachtungen	23
2.4	Verwendete Software und Daten	30

3	Methodik und Ergebnisse	33
3.1	Siedlungsstrukturen und -entwicklung	33
3.1.1	Schlüsselgrössen	34
3.1.2	Definition der Siedlungsfläche	36
3.1.3	Strukturbeschreibung mit Klassen	40
3.2	Rasternetzansatz	46
3.2.1	Rasterweite	46
3.2.2	Messung und Aussagekraft der gewählten Grössen	48
3.2.3	Darstellung von Veränderungen	54
3.3	Polygonansatz	56
3.3.1	Quartierabgrenzung	57
3.3.2	Umsetzungen	59
3.4	Kartografische Visualisierung	61
3.5	Vergleich und Bewertung	65
4	Diskussion und Schlussfolgerungen	69
5	Schlusswort	71
	Literaturverzeichnis	71
	Abbildungsverzeichnis	76
	Tabellenverzeichnis	79

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Motivation

Die Entwicklungsgeschichte von Siedlungsräumen kartografisch ansprechend zu visualisieren, ist im Hinblick auf das bessere Verständnis unseres Lebensraumes und seiner zukünftigen Gestaltung von grosser Bedeutung. Die Auswirkungen und Dimensionen unseres Handelns können auf diese Weise übersichtlich veranschaulicht und einem breiteren Publikum zugänglich gemacht werden.

Bisher beschränken sich Siedlungsentwicklungskarten auf die Darstellung von Zeitfolgen einzelner Kartenstände oder auf die einfache Hervorhebung von über die Jahrzehnte neu errichteter Siedlungsflächen oder Gebäuden. Dabei fällt es entweder schwer, die Übersicht und Vergleichbarkeit über mehrere Zeitstände zu erhalten, oder aber andersweitige Veränderungen der Siedlungsstruktur, wie sie beispielsweise bei der Umnutzung von Siedlungsgebieten auftreten können, werden unzureichend festgehalten. Ausserdem ist die Kartierung des Siedlungswandels häufig mit hohem zeitlichem (und damit auch finanziellem) Aufwand verbunden, wodurch sich die Anwendung meist auf vereinzelte Gemeinden beschränkt. Es wäre deshalb wünschenswert, über ein Konzept für eine Siedlungsentwicklungskarte zu verfügen, welches landesweit anwendbar ist, es erlaubt, genügend Information übersichtlich darzustellen und das gleichzeitig die Kommunikation der Thematik erleichtert.

1.2 Zielsetzung

In dieser Arbeit soll ein Konzept für eine statische, zweidimensionale Siedlungsentwicklungskarte erarbeitet und für diverse Gebiete umgesetzt und getestet werden. Das Ergebnis, welches es erlaubt, mehrere Zeitstände gleichzeitig miteinander zu vergleichen, sollte ansprechend dargestellt und gut lesbar sein. Gleichzeitig haben die Karten ihren Zweck im Hinblick auf Übersicht und Informationsgehalt zu erfüllen, ohne dass ihre Interpretation zu komplex wird. Die Siedlungsentwicklung soll durch verschiedene komplementäre Grössen beschrieben wer-

den, die in ländlichen wie auch in städtischen Regionen anwendbar sind. Des Weiteren ist für eine ursächliche Betrachtung zu untersuchen, inwieweit sich statistische und historische Informationen verwenden lassen.

Diese Arbeit orientiert sich an folgenden Leitfragen:

- Welche Möglichkeiten gibt es, die verschiedenen Aspekte der Siedlungsentwicklung zu visualisieren? Welche Darstellungsformen eignen sich dazu?
- Welche Kriterien ermöglichen eine Beschreibung der Siedlungsentwicklung und ihrer Eigenschaften? Inwiefern lassen sich statistische oder andere Grössen berücksichtigen?
- Wo liegen die Grenzen und Schwierigkeiten bei der Darstellung? Welches sind die zentralen Herausforderungen?
- Welche Möglichkeiten bietet ein GIS bei der Automatisierung möglicher Arbeitsschritte?
- Welche Rolle spielen Qualität und Quantität des verwendeten Grundlagenmaterials?

1.3 Vorgehen

Das Projekt wird zeitlich auf die vergangenen 150 Jahre beschränkt und verwendet als Grundlagenmaterial die Kartenwerke Dufourkarte (um 1850), Siegfriedatlas (um 1940) und Landeskarte (heute). Damit bleibt die Anzahl an Zeitständen überschaubar und es lassen sich Karten mit unterschiedlicher Entstehungsgeschichte miteinander vergleichen. Andere Zeitdokumente wie bildliche Darstellungen (z.B. Fotografien) oder Schriften werden nicht beigezogen, da eine vertiefte historische Analyse den Rahmen dieser Arbeit gesprengt hätte.

Als Testgemeinden für die kartografischen Umsetzungen dienen Chur, Les Ponts-de-Martel und Nidau. Dabei handelt es sich nach SCHULER et al. (2005) - je nach Einteilung der Schweizer Gemeinden in 22 oder 9 Gemeindetypen - um eine Arbeitsplatzgemeinde nicht-metropolitaner Regionen bzw. um eine suburbane Gemeinde (Nidau), einen Hauptort einer tertiären Mittelagglomeration bzw. Zentrum (Chur) und um eine agrar-tertiäre Gemeinde bzw. agrar-gemischte Gemeinde (Les Ponts-de-Martel). Dadurch ist es möglich, im Falle von Nidau auf die symbolisch vereinheitlichten Kartendaten von LORENZ (2012) zurückzugreifen, was den Vergleich der Zeitperioden wesentlich vereinfachen sollte. Les Ponts-de-Martel als

zweites Testgebiet wird in BADILATTI (1991) als Gemeinde „im Entwicklungsschatten“ klassifiziert. Im letzten Jahrhundert stagnierten dort bis vor Kurzem die Bevölkerungszahlen oder waren sogar leicht rückläufig (BFS, 2000). Chur ergänzt als bekannte und überschaubare Zentrumsstadt die Auswahl auf drei unterschiedliche und charakteristische Gemeindetypen. Damit wird bei der späteren Beurteilung eine Unterscheidung zwischen ländlichen und städtischen Regionen ermöglicht. Zudem sollte ein grosser Teil der in der Schweiz vorkommenden Arten von Siedlungstypen abgedeckt sein, da verschiedensten für die Siedlungsentwicklung relevanten Faktoren wie Infrastruktur, Gewässer, Industrie, Tourismus und Topographie in unterschiedlicher Weise Rechnung getragen wird.

Der erste Schritt dieser Arbeit besteht in einer Untersuchung bisheriger Ansätze in Bezug auf ihre Vor- und Nachteile. Die Erkenntnisse daraus sind in Kapitel 2 festgehalten. Im gleichen Kapitel werden auch historische und statistische Informationen zu den gewählten Beispielsgemeinden sowie weitere Hinweise zu den verwendeten Grundlagedaten dargestellt. Kapitel 3 beschäftigt sich anschliessend mit der Beschreibung von Siedlungsstrukturen und Veränderungen. Gemeinsam mit den Erkenntnissen aus Kapitel 2 werden daraus zwei flächenbezogene Varianten (Rasternetz- und Polygonansatz) zur Beschreibung der Siedlungsentwicklung hergeleitet und in den Beispielsgemeinden umgesetzt.

Abschliessend fasst Kapitel 4 die wichtigsten Erkenntnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf eine mögliche Weiterführung der Forschung auf diesem Gebiet.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Grundlagedaten

Für das bessere Verständnis im Umgang mit dem verwendeten Kartenmaterial ist es hilfreich, den Entstehungshintergrund in Betracht zu ziehen. Damit lassen sich unter anderem die Unterschiede zwischen den einzelnen Kartenwerken, sei es im Massstab, in der Signatur oder in der Genauigkeit der kartografischen Aufnahme, besser erklären.

Die folgenden Abschnitte basieren auf AMMANN et al. (1999) und fassen den geschichtlichen Werdegang der in dieser Arbeit berücksichtigten Kartenwerke zusammen. Sie können nebenbei als erster Anhaltspunkt für spätere Problemstellungen und implizit auch als Begründung für die getroffene Kartenwahl angesehen werden.

2.1.1 Dufourkarte

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts stieg insbesondere von militärischer Seite das Bedürfnis nach neuem, genauem Kartenmaterial. Der bestehende und verbreitete Meyer'sche Atlas wurde zunehmend als unvollständig und fehlerhaft angesehen. Somit entschied sich die „Kommission für Landesaufnahme“ 1832 für die Erstellung einer neuen eidgenössischen Karte im Massstab 1:100 000. Das Projekt einer detailliert vermessenen Schweizerkarte kam damit nach einigen Anlaufschwierigkeiten endlich ins Rollen.

Die Leitung der Vermessungsarbeiten übernahm der damalige Genfer Kantonsingenieur Guillaume Henri Dufour (1787-1875), der gleichzeitig auch General im Sonderbundkrieg von 1847 war. Als Grundlage für die neue landesweite Karte dienten verschiedene Kantonskarten sowie die kürzlich fertiggestellte Triangulation 1. Ordnung. Schliesslich wurde die Dufourkarte ab 1845 publiziert und 1865 mit 25 Blättern beendet. Sie bildete eines der ersten gesamteidgenössischen Vorhaben des noch jungen Bundesstaates.

2.1.2 Siegfriedatlas

Dufours Nachfolger als Leiter des eidgenössischen Stabsbureaus, der Aargauer Topograph Hermann Siegfried, entwarf 1868 Pläne für ein neues Kartenwerk. Ziel war es, schweizweit Karten mit einem grösseren Massstab zur Verfügung zu stellen, als dies die Dufourkarte tat. Somit wurden für den sogenannten Siegfriedatlas, auch Topographischer Atlas der Schweiz genannt, Mittelland und Jura im Massstab 1:25 000 abgedeckt und die Alpenregionen im Massstab 1:50 000. Dafür mussten die Grundlagen (topographische Aufnahmen und trigonometrische Netze) verbessert sowie teilweise neu aufgenommen werden.

Bis 1870 erschienen bereits zwölf Blätter, nach dem ersten Weltkrieg waren es dann mehr als 600. Das Kartenwerk, erstellt im Kupferstich (Mittelland) bzw. im Lithografieverfahren (Alpen), wurde ungefähr alle zehn Jahre bis 1952 nachgeführt. Es galt seinerzeit als genaues und detailreiches Erzeugnis.

2.1.3 Schweizer Landeskarte

Auf der Grundlage des Bundesgesetzes von 1935 über die Erstellung neuer Landeskarten, entschied man aufgrund der unterschiedlichen Bedürfnisse seitens der Kartennutzer, das schweizerische Kartenwerk in den Massstäben 1:25 000, 1:50 000 und 1:100 000 zu erneuern. Die Einführung der Fernerkundung nach dem ersten Weltkrieg revolutionierte dabei die Kartentechnik. Fortan wurde mehrheitlich mit Luftbildphotogrammetrie gearbeitet.

Die ersten Blätter im Massstab 1:50 000 konnten 1938 publiziert werden, in den 50er Jahren erschienen die ersten Blätter in den anderen zwei Massstäben. Bis 1965 waren alle Blätter des Siegfriedatlases und der Dufourkarte ersetzt. Es folgte die bis heute fortlaufende Nachführung bzw. Aktualisierung der Karten. Die für die Reproduktion anfangs verwendeten Glasplatten mussten mittlerweile der digitalen Technik weichen. Ähnliche Fortschritte lassen sich auch bei der Aufnahmetechnik beobachten.

2.2 Darstellungsmethoden zur Siedlungsentwicklung

Zum Zeitpunkt dieser Arbeit existiert bereits eine grössere Anzahl an Ansätzen zur zweidimensionalen kartografischen Darstellung der Siedlungsentwicklung. Diese lassen sich entweder als objektbezogene oder als flächenbezogene Ansätze klassifizieren. Erstere beziehen sich auf die einzelnen Gebäude, letztere auf die Siedlungsausdehnung. Dieser Abschnitt fasst die wichtigsten Methoden der beiden Kategorien zusammen, wobei sich diese weiter in solche

mit mehreren Karten und solche mit nur einer Karte unterteilen lassen. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden sowie ihrer Variationen werden in den folgenden Abschnitten diskutiert und die beschriebenen Ansätze auf mögliche Verbesserungen hin untersucht. Ausserdem wird in diesem Zusammenhang auf vereinzelte Aspekte betreffend die kartografische Gestaltung eingegangen, insbesondere im Hinblick auf eine gute Lesbarkeit der Karte. Es ist jedoch anzumerken, dass die folgenden Ansätze aus zeitlichen Gründen nur anhand bestehender Umsetzungen beurteilt werden konnten und Aussagen zum Umfang ihrer Anwendungsmöglichkeiten, zum Beispiel, ob sie auch in ländlichen Regionen mit sehr wenig Entwicklung praktikabel sind, nur beschränkt möglich sind.

Objektbezogene Ansätze:

- Gegenüberstellung verschiedener Zeitstände mit einheitlicher Symbolisierung
- Hervorhebung und Gegenüberstellung von Veränderungen einzelner Perioden mit mehreren Karten
- Hervorhebung von Veränderungen für mehrere Perioden auf einer einzigen Karte

Flächenbezogene Ansätze:

- Hervorhebung und Gegenüberstellung neuer Siedlungsbereiche für einzelne Perioden mit mehreren Karten
- Hervorhebung der Siedlungsausdehnung mehrerer Perioden auf einer einzigen Karte
- Gebietsbezogene Visualisierung der Veränderung der baulichen Dichte

Es sei hierbei erwähnt, dass bereits KÜRY (1990) in Anlehnung an SPIESS (1989) fünf objektbezogene Varianten zur Darstellung von Veränderungen in Karten unterscheidet und diskutiert. Diese fünf Varianten werden im Rahmen der obgenannten Klassifizierung später noch genauer erläutert.

Bei den flächenbezogenen Ansätzen bezieht sich die an dritter Stelle aufgelistete Methode auf ein innovatives Beispiel aus HECHT et al. (2010), wo Veränderungen der Siedlungsstruktur mit Hilfe von Dichtekennzahlen visualisiert werden.

Natürlich sind nebst den hier beschriebenen Methoden auch kombinierte Varianten möglich. Bei den Abbildungen in den folgenden Abschnitten handelt es sich lediglich um ausgewählte Beispiele zu Illustrationszwecken. Der Einfachheit halber wurde dort stellenweise auf die Angabe von Massstab oder Legende verzichtet.

Abschnitt 2.2.8 geht abschliessend auf interaktive Lösungsansätze ein.

2.2.1 Verschiedene Zeitstände mit einheitlicher Symbolisierung

Die einfachste Variante zur Darstellung von Veränderungen ist die direkte Gegenüberstellung von Karten aus verschiedenen Erhebungsjahren. Das heisst, dass jeder Zustand auf einer eigenen Karte dargestellt wird. Um hierbei den Vergleich zwischen den Zeitständen zu erleichtern, sollte die Symbolisierung der Karten in vereinheitlichter, normierter Form vorliegen. Andernfalls würde sich die im Laufe der Zeit veränderte Signatursprache störend bemerkbar machen (RICKENBACHER, 2013). Ausserdem ist es sehr hilfreich, stets exakt den gleichen Kartenausschnitt zu wählen. Beispiele für eine solche Umsetzung finden sich unter anderem im Schweizer Weltatlas (HURNI, 2010) oder in LORENZ (2012) (siehe Abbildung 2.1).

Die einzelnen Karten liegen so zwar in gewohntem Erscheinungsbild vor, jedoch lassen sich Veränderungen nur bei wiederholtem, punktuellen Vergleich der einzelnen Karten feststellen. Ein Gesamtüberblick ist nicht möglich. Wenn sich die Siedlung zudem zwischen anderen Landschaftselementen verbirgt, wird die Interpretation noch schwieriger. Ein grosser Nachteil ist auch der Aufwand, der für die Vereinheitlichung der Kartendarstellung betrieben werden muss, insbesondere wenn man alte Karten, wie beispielsweise die Dufourkarte, herbeiziehen möchte. RICKENBACHER (2013) schätzt den Aufwand für eine landesweite Kartierung mit 16 Zeitständen auf 400 Personenjahre.

Diese Methode entspricht in ihrer Grundidee der Variante 1 in KÜRY (1990). Auch dort wird auf die schlechte Vergleichbarkeit hingewiesen, insbesondere wenn sich keine grossen Veränderungen ereignet haben.

2.2.2 Objektbezogene Veränderungen auf mehreren Karten

Eine andere Möglichkeit besteht darin, Veränderungen an Gebäuden (hauptsächlich Neubau, Abriss oder Anbau) für einzelne Zeitperioden auf je einer Karte farblich hervorzuheben. Abbildung 2.2 zeigt ein einfaches Beispiel, wie es typisch für Studentenarbeiten an der ETH Zürich ist. Während dort lediglich Neubauten eingefärbt wurden, ist es natürlich durchaus



Abbildung 2.1: Die Siedlungsentwicklung der Gemeinde Nidau, dargestellt als Gegenüberstellung verschiedener Zeitstände mit einheitlicher Symbolisierung. (Abbildung aus LORENZ (2012))

möglich, auch verschwundene Bauten in einer anderen Farbe zu betonen, wie es zum Beispiel von KÜRY (1990) in der 4. Variante gemacht wird.

Die zentrale Frage an dieser Stelle ist jene nach der Basiskarte. KÜRY (1990) empfiehlt, wie in Abbildung 2.2 den früheren Stand als Hintergrund zu nehmen und die Veränderungen zum nächsten Stand im Vordergrund darzustellen. Damit sei eine wichtige Orientierungshilfe vorhanden. Dies ganz im Gegensatz zu einer Variante, bei der lediglich die Veränderungen *ohne* Basiskarte aufgezeigt würden und einfach die Karte des Anfangs- oder des Endzustandes beigelegt werde (Varianten 2 und 3). Es sei dann nicht möglich zu erkennen, wo die Veränderungen stattgefunden hätten. Ausserdem sei es besser, vom Anfangszustand auszugehen und Neues hinzuzufügen, als umgekehrt vom Endzustand Elemente zu subtrahieren, da dies für den Kartenbenutzer einfacher sei.

Diesen Erkenntnissen ist gänzlich beizupflichten. Eine solche Darstellung bietet einen Weg, Veränderungen in intuitiver und leicht verständlicher Weise darzustellen. Um die Lesbarkeit weiter zu verbessern und die Erfassung der Veränderungen zu erleichtern, sollte indes von der neusten Karte ausgegangen und dann rückwärts in die Vergangenheit gearbeitet werden. Dabei ist die Legende so zu gestalten, dass der Wandel vom älteren in den neueren Zustand

beschrieben wird. Somit bleibt wie in der Methode aus dem vorangegangenen Abschnitt eine einheitliche Symbolisierung von Basiskarte und Veränderungen erhalten (im Beispiel aus Abbildung 2.2 wurde dies nicht so umgesetzt).

Dies entspricht im Übrigen ziemlich genau dem Vorgehen der Swisstopo, wenn sie Karten alten Standes in eine einheitliche Symbolisierung überträgt (RICKENBACHER, 2013). Damit wird versucht, insbesondere die bessere geometrische Definition der neuen Kartenwerke beizubehalten.

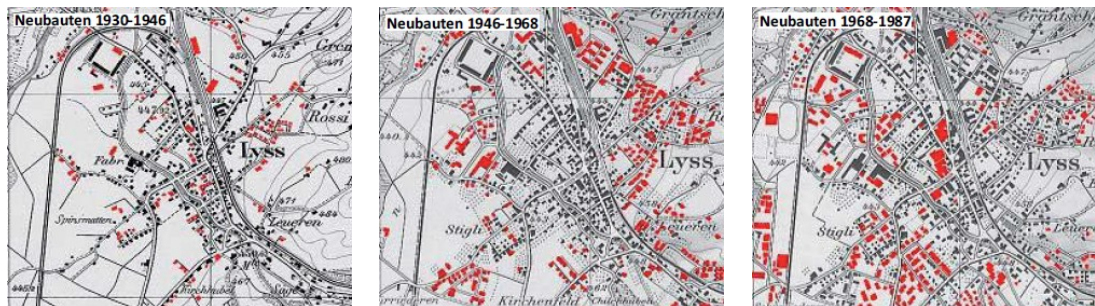


Abbildung 2.2: Einfache Variante, die Siedlungsveränderungen einzelner Zeitperioden objektbezogen mit mehreren Karten darzustellen. (Abbildungen aus BURKHALTER et al. (2011))

Ein Nachteil dieser Methode ist der relativ hohe Erfassungsaufwand der Veränderungen auf Gebäudeebene. Probleme entstehen zusätzlich bei Unterschieden in der geometrischen Qualität der Grundlagedaten. Massstabsunterschiede und Verzerrungen führen dazu, dass es trotz Georeferenzierung schwierig ist, einzelne Gebäude in verschiedenen Zeitständen einander zuzuordnen (LORENZ (2012) und RICKENBACHER (2013)). Natürlich gilt das ebenso für die Methode, welche Karten mit einheitlicher Symbolisierung verwendet.

Das Ergebnis ist zwar leicht interpretierbar, will man jedoch mehrere Perioden gleichzeitig im Auge behalten, so fällt dies schwer. Beim Vergleich der einzelnen Karten sind die Gebäude flächenmässig nur schlecht greifbar und bei grossräumigen Abweichungen leidet unter der Menge an einzelnen Rechtecken die Übersicht, womit ein weiterer Nachteil gegeben wäre. Um wenigstens mehrere Zeitstände schneller vergleichen zu können, müssten die Veränderungen auf einer einzigen Karte dargestellt bzw. die Informationsebenen übereinander gelegt werden. Näheres dazu ist im folgenden Abschnitt beschrieben.

2.2.3 Objektbezogene Veränderungen auf einer Karte

Diese Variante stellt wiederum die Veränderung gebäudescharf dar, indem die einzelnen Bauwerke je nach Errichtungs- oder Abrissperiode farblich hervorgehoben werden. Im Gegensatz

zur oben beschriebenen Methode entsteht hier jedoch nur eine einzige Karte (vgl. Abbildung 2.3). Beschrieben wird diese Darstellungsform auch in KÜRY (1990) (Variante 5), die zwischen unveränderten, neu entstandenen und verschwundenen Gebäuden unterscheidet. Allerdings werden nur jeweils zwei Perioden auf einer Karte verglichen, was bei einer detaillierten Analyse mit mehr Zeitspannen entsprechend wieder zu mehreren Karten führt. Beschränkt man sich nun auf eine einzige Karte, sei es erfahrungsgemäss zur Unterstützung der Lesbarkeit aber ratsam, höchstens sechs Perioden darauf darzustellen. Zur gleichen Erkenntnis kommt zum Beispiel auch HAAG (1999).

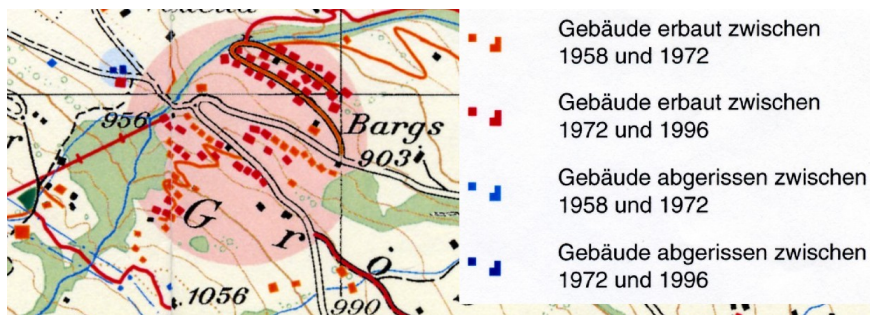


Abbildung 2.3: Beispiel zur Veranschaulichung des Prinzips der objektbezogenen Darstellung von Veränderungen für mehrere Stände auf einer einzigen Karte. (Ausschnitt aus BÜHLER (2000))

Die einzelnen Perioden sollten in jedem Fall mit einer Farbe in verschiedenen Helligkeitsstufen unterschieden werden, da das Alter der Kartierungen als qualitativer und nicht als quantitativer Unterschied anzusehen ist. Unterschiedliche Farben wählt man für die Unterscheidung von neuen und verschwundenen Bauwerken. Mit Vorteil weist man einer früheren Periode die dunklere Farbe zu. Dunkle Bereiche wirken schwerer und stechen schneller ins Auge als helle Bereiche, wodurch der Betrachter darin unterstützt wird, die Karte zukunftsorientiert, also in der chronologisch korrekten Richtung der Entwicklung zu lesen. Insbesondere bei Städten, die von innen heraus gewachsen sind, zahlt sich das aus.

Solche Karten ermöglichen eine umfassendere Übersicht über den siedlungsstrukturellen Wandel, als es mit der im oberen Abschnitt geschilderten Methode gelingt. Jedoch gilt auch hier, dass das Erscheinungsbild schwer lesbar werden kann, sobald sich mehrere Entwicklungsphasen überlagern oder Veränderungen an vielen Stellen gleichzeitig stattfinden. Ausserdem besteht weiterhin der Eindruck eines Wimmelbildes mit vielen bunten Rechtecken. KÜRY (1990) empfiehlt zwar, verschwundene Häuser nur durch ihre Konturen darzustellen, um den Anteil sich überlagernder Flächen zu verringern.

Doch selbst mit flächenhaften Hervorhebungen, wie sie zum Beispiel in BÜHLER (2000) vorkommen (Betonung der Entwicklungsschwerpunkte durch Aufhellung), sind die Probleme noch nicht vollständig gelöst. Zudem ist auch hier der Erfassungsaufwand unverändert hoch.

Eine sehr detaillierte, alternative Form der Umsetzung, allerdings noch in schwarz-weiss, findet man in HUBER (1989) (Abbildung 2.4). Mit verschiedenen Schraffuren werden acht Perioden zwischen dem 17. und 20. Jahrhundert unterschieden und dabei einzelne Gebäudeteile separat analysiert, womit zusätzlich Veränderungen wie Anbauten berücksichtigt sind. Die ältesten Gebäude sind in Schwarz dargestellt, danach folgen Schraffuren in verschiedenen Helligkeitsabstufungen. Informationen zur Gebäudenutzung ergänzen die Karte, eine Basis-karte fehlt jedoch.

Die Karte braucht aufgrund des Detailgrades viel Zeit, um vom Betrachter verstanden zu werden. Da sie nur Gebäude und keine weiteren Landschaftselemente wie Strassen oder das Relief beinhaltet, scheint es den Bauwerken an Halt zu fehlen. Ihre Anordnung wirkt zufällig und das Kartenbild ist ungewohnt. Vorteil dieser reduzierten Darstellung ist aber, dass der Fokus direkt auf die Siedlungsentwicklung fällt. Durch die fehlende Ablenkung können die ersten drei bis vier Bauperioden relativ schnell überblickt werden. Trotzdem sollten aber zumindest die Verkehrswege mit dargestellt werden, insbesondere weil die Erschliessung für die Siedlungsentwicklung eine grosse Bedeutung hat (siehe ebenfalls HUBER (1989)).

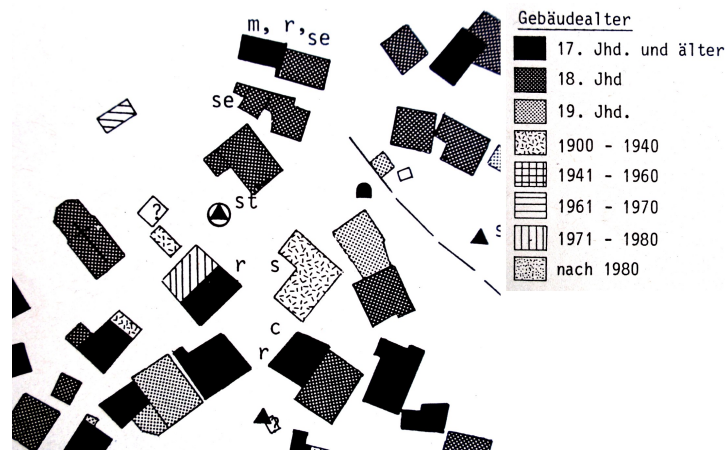


Abbildung 2.4: Ausschnitt aus HUBER (1989), welcher detailliert die Siedlungsentwicklung in Urmein (GR) darstellt. Wegen des hohen Erfassungsaufwandes eignet sich eine solch präzise Umsetzung jedoch höchstens für sehr kleine Gemeinden oder einzelne Quartiere.

2.2.4 Neue Siedlungsbereiche auf mehreren Karten

Die flächenbezogene Entsprechung zur (objektbezogenen) Variante mit Darstellung von Veränderungen auf mehreren Karten, unterscheidet sich darin, dass nicht die Gebäude einzeln, sondern die Siedlungsbereiche als Ganzes hervorgehoben werden. Beispiele für eine solche Umsetzung, wobei jeweils nur zwei Zeitstände auf einer Karte miteinander verglichen werden, findet man in PEYER et al. (1998) (Abbildung 2.5) oder in HURNI (2010). Die besten Ergebnisse liefern Karten, bei denen der ältere Zustand dunkler als der neuere dargestellt wird. Der Betrachter nimmt damit automatisch die Entwicklungsrichtung wahr. Die Verwendung des neueren Standes als Basiskarte und deren anschliessende Überlagerung mit transparenten Siedlungsflächen führt zu einem gewohnten und anschaulichen Kartenbild.

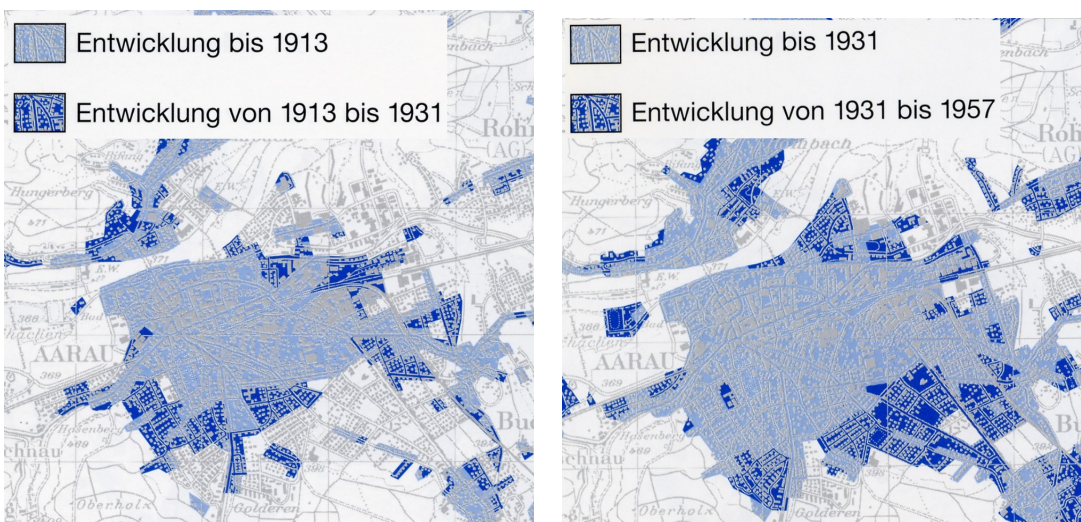


Abbildung 2.5: Vergleich von drei Zeitständen der Stadt Aarau anhand zweier Karten mit flächenbezogener Darstellung. Neue Siedlungsbereiche sind hier dunkel eingefärbt. (Ausschnitte aus PEYER et al. (1998))

Im Vergleich zur objektbezogenen Methode ist der Gesamteindruck geordneter. Man kann die flächenmässige Siedlungsentwicklung besser auffassen und die einzelnen Karten lassen sich leichter miteinander vergleichen. Die grosse Schwierigkeit besteht jedoch darin, die Siedlungsflächen abzugrenzen. Es müssen zum Beispiel Mindestgrössen für diese Flächen und für die Abstände bzw. Lücken zwischen ihnen definiert werden. Ausserdem stellt sich die Frage, in welchem Abstand man die Gebäude umfahren soll; ob man zum Beispiel einen konstanten Abstand definiert, den Parzellengrenzen folgt oder landschaftliche Strukturelemente wie einen Waldrand berücksichtigt. Ähnliche Schwierigkeiten nennt auch HAAG (1999). Dort wurde letztendlich entschieden, die Flächen bündig zu den Häusern anzubringen (unter Vermeidung

allzu kleiner Teilbereiche) und kleinere Häusergruppen nur dann zu umrahmen, wenn sich ausgehend davon später eine grössere Siedlung entwickelt hat.

Auf die Problematik der Siedlungsflächen geht Abschnitt 3.1.2 unten genauer ein.

Da es bei einem flächenbezogenen Ansatz möglich ist, viel weniger genau zu arbeiten, als bei einer gebäudescharfen Analyse, reduziert sich der Aufwand für die Erstellung einer solchen Kartenreihe wesentlich. Diesem Vorteil steht aber der Verlust an Informationsgehalt gegenüber. Es sind nur noch neue Siedlungsflächen erkennbar, während vereinzelt abgerissene oder in ihrer Bausubstanz veränderte Bauten nicht mehr ausgemacht werden können. Zwar gibt es die Möglichkeit, die Legende durch umgenutzte oder verschwundene Siedlungsflächen zu erweitern, doch wirkt eine solche Darstellung vermutlich nur bei grossflächigen Veränderungen noch anschaulich.

Zudem gäbe es hier auch die Möglichkeit, verschiedene Nutzungen durch die Unterscheidung von Siedlungs-, Gewerbe- und Industriezonen zu visualisieren; vorausgesetzt, die Daten sind vorhanden oder eine Vorortbesichtigung ist möglich (ERZINGER et al., 2006). Sicher als Pluspunkt zu werten ist die Hervorhebung der Gemeindefläche durch Abschattung ausserhalb liegender Bereiche. Dies ist dann sinnvoll, wenn die Siedlungsentwicklung einer bestimmten Gemeinde dargestellt werden soll und die Karte mit Statistiken auf Gemeindeebene ergänzt wird.

2.2.5 Siedlungsausdehnungen auf einer Karte

Die wohl am häufigsten anzutreffende Methode veranschaulicht die Siedlungsentwicklung mehrerer Zeitperioden in flächenbezogener Form auf einer einzigen Karte (Beispiel in Abbildung 2.6). Grundsätzlich gelten auch hier die oben im Zusammenhang mit objektbezogenen Karten genannten Hinweise zur Farbwahl und zur Legendengrösse. Wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, liegt das Hauptproblem bei der Abgrenzung der Siedlungsflächen und den dadurch verursachten Informationsverlusten. Viel mehr noch, wenn wie in diesem Fall nicht nur eine, sondern mehrere Zeitperioden auf einer Karte dargestellt werden sollen, kommt es zu überlappenden Flächen. Es muss also ein Kompromiss zwischen einer anschaulichen Darstellung und einer detailtreuen Wiedergabe der siedlungsstrukturellen Veränderungen gefunden werden.

Im Diercke Weltatlas (ZAHN et al., 1988) beispielsweise, findet man eine Variante einer solchen Karte für die Stadt Berlin. Dort sind nur die einzelnen Siedlungsbereiche in verschiedenen Helligkeitsstufen farblich hervorgehoben, ohne eine Basiskarte transparent zu überlagern. Ergänzt wird die Karte durch Informationen zur Landnutzung und zur Industrie. Die Kar-

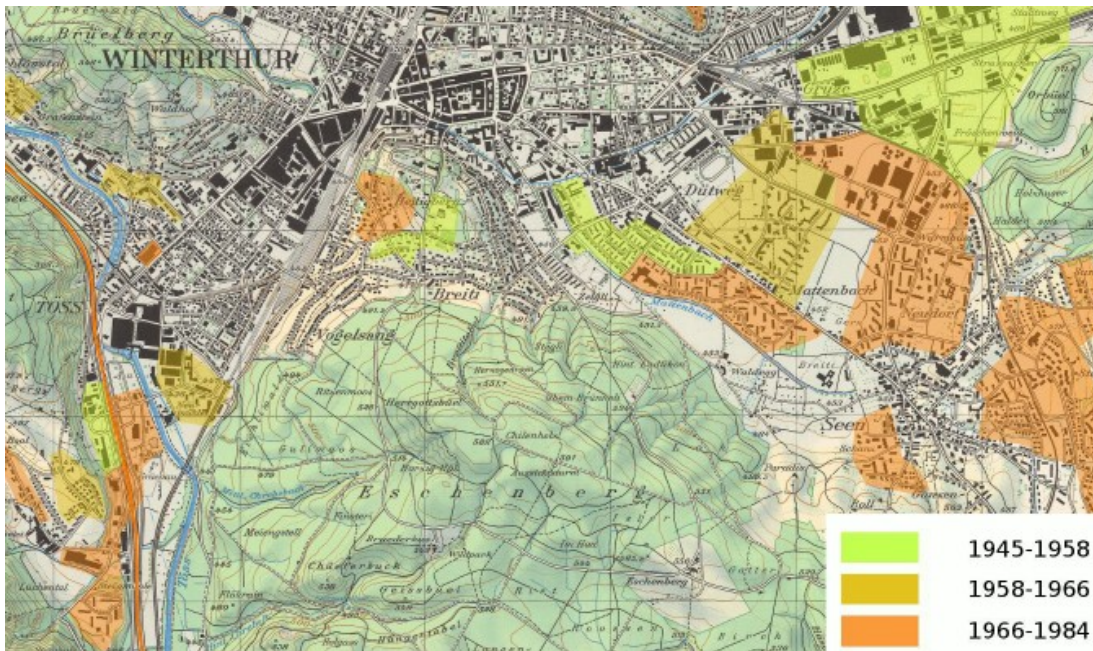


Abbildung 2.6: Karte der Siedlungsentwicklung in Winterthur mit drei Zeitperioden, hervorgehoben durch flächenhafte Abgrenzungen. Ältere Bauwerke sind von keiner Fläche überlagert worden. (Abbildung aus STREIT et al. (2012))

te wirkt insgesamt sehr aufgeräumt, aber auch abstrakter. Während die Siedlungsausdehnung gut lesbar ist (trotz des im Beispiel schlechten Kontrastes zur Umgebung), büsst das Bild durch das Fehlen von Gebäuden und Relief an Charakter ein. Der kleine Masstab von 1:100 000 lässt aber darauf schliessen, dass nur ein grober Eindruck vermittelt werden soll.

2.2.6 Visualisierung der Veränderung der baulichen Dichte

HECHT et al. (2010) haben aus Sicht der Raumplanung unter anderem einen neuen Weg gefunden, die Siedlungsentwicklung flächenbezogen zu visualisieren. Sie gehen dabei von der Siedlungsdichte als ein Mass zur Beschreibung der Siedlungsstruktur aus. Verschiedene Dichtekennzahlen, wie die Anzahl Gebäude pro Fläche oder der Überbauungsgrad, werden in sogenannten Baublöcken für jeden Zeitstand berechnet. Die Änderung der Dichte ergibt sich anschliessend aus einer einfachen Differenzbildung (vgl. Abbildung 2.7).

Die Baublöcke, die als Grundlage für die Berechnung dienen, entsprechen verschiedenen Stadtquartieren. Diese werden durch die Strassen oder ausserhalb der Stadt durch die Grundstücksgrenzen abgegrenzt. Dabei geht man vom neusten Kartenmaterial aus und projiziert die Baublöcke in die Vergangenheit.

Im vorliegenden Beispiel (Abbildung 2.7) wird der Überbauungsgrad als Beschreibungsmass verwendet. Leider geht aus dem zugehörigen Bericht nicht genau hervor, was unter diesem Begriff verstanden wird. Aber er lässt vermuten, dass es sich dabei um den relativen Anteil der Grundflächensumme aller Gebäude eines Baublocks an der gesamten Fläche des Baublocks handelt.

Der Vorteil gegenüber den oben beschriebenen, flächenbezogenen Verfahren liegt in der klaren Definition der Siedlungsflächen. Es sind Flächen, die sich der lokalen Struktur der Siedlung anpassen und für jedes Quartier eine eigene Aussage zulassen. Veränderungen wie eine Nachverdichtung im bestehenden Siedlungskörper oder gegebenenfalls auch Umnutzungen können hier auf einfache Weise aufgezeigt werden. Zusätzlich ist durch das Dichtemass auch eine bessere Quantifizierung der siedlungsstrukturellen Umwälzungen möglich, als wenn allein die Siedlungsfläche betrachtet wird. In den objektbezogenen Verfahren ist diese Information implizit zwar auch vorhanden, von blossen Auge aber nur schwer abzuschätzen und längst nicht so anschaulich.

Die Beschreibung der Siedlungsstruktur mit solchen Kennzahlen bleibt trotz allem eine Vereinfachung. Doch je nach Kartenmassstab und verfügbaren Ressourcen ist dies vielleicht ein notwendiger Schritt, will man in absehbarer Zeit zu einem möglichst guten Resultat kommen. Dennoch bleibt zu bemerken, dass hier leider nicht mehrere Zustände auf einer einzigen Karte miteinander verglichen werden können, wie dies beispielsweise im vorangegangenen Abschnitt beschrieben wird. Darunter leidet unweigerlich der Vergleich mit anderen Zeitperioden, insbesondere wenn der zeitliche Massstab sehr angesetzt wird und viele Zeitstände verwendet werden.

2.2.7 Spezialfälle

Eine besondere Situation besteht dann, wenn man die Siedlungsentwicklung einer Ortschaft darstellen will, die in der Vergangenheit durch Brände, Naturkatastrophen oder Krieg teilweise, wenn nicht sogar vollständig, zerstört wurde. Ihr heutiges Erscheinungsbild hat dann häufig nichts mehr mit der ursprünglichen Siedlung gemeinsam. Somit hat man es mit sehr grossflächigen, tiefgreifenden Veränderungen zu tun. Diese könnten anhand der oben diskutierten Auswahl höchstens mit den zwei ersten objektbezogenen Methoden (Abschnitte 2.2.1 und 2.2.2) vernünftig dargestellt werden. Im Schweizer Weltatlas (HURNI, 2010) wird die Entwicklung von La Chaux-de-Fonds im Kanton Neuenburg mit der dritten objektbezogenen Variante (Abschnitt 2.2.3) visualisiert. Der Zustand vor dem Brand ist dabei durch Überlagerung und Einfärbung der niedergebrannten Gebäude hervorgehoben, was jedoch aufgrund der sich überlappenden Flächen nur schwer erkennbar ist.

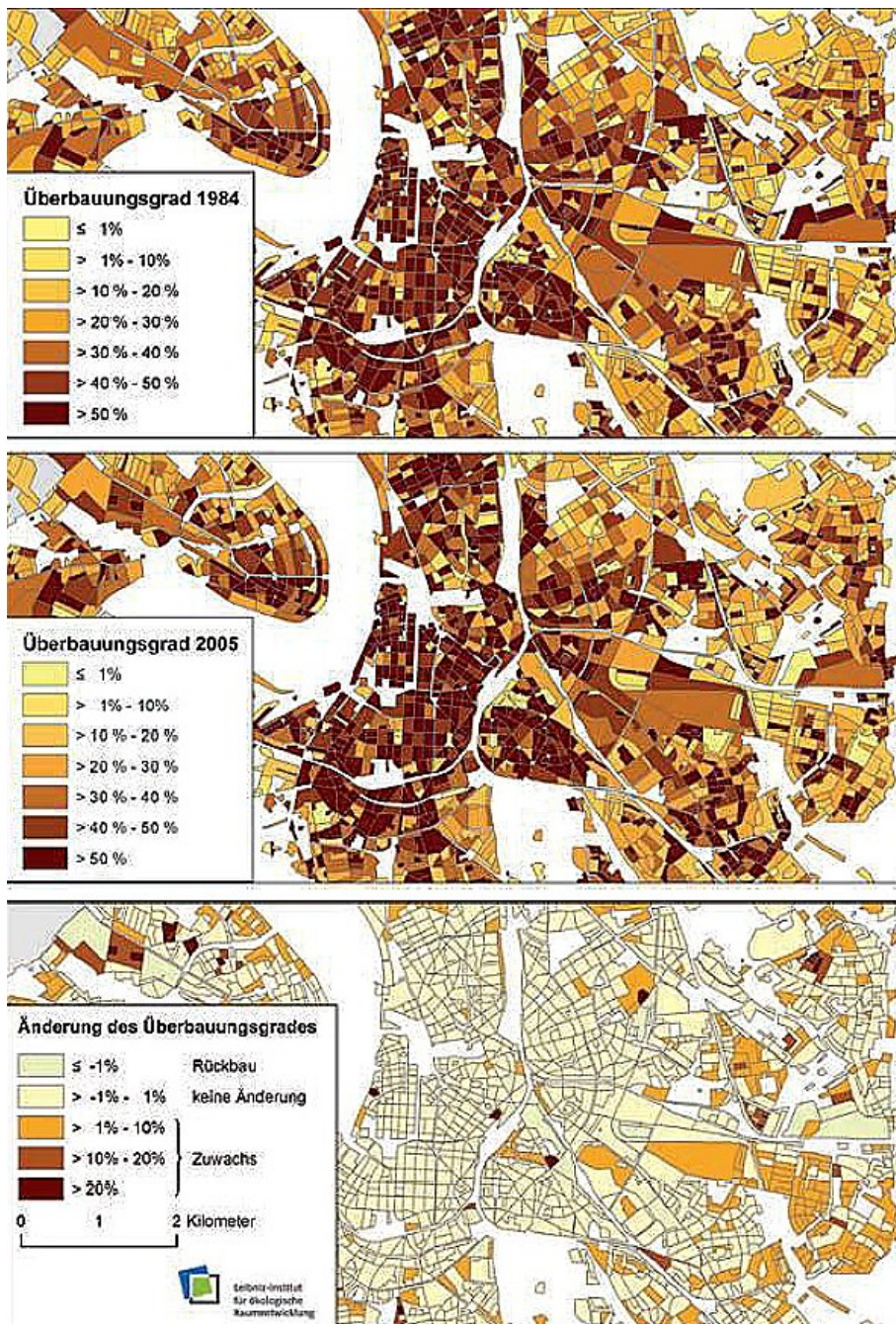


Abbildung 2.7: Veränderung der baulichen Dichte im Stadtgebiet von Düsseldorf. (Abbildung aus HECHT et al. (2010))

Denkbar wäre auch, die Siedlungsentwicklung vor und nach der Zerstörung getrennt zu verfolgen und die beiden Zeitperioden direkt vor und nach der Zerstörung in einer separaten Karte zu vergleichen.

2.2.8 Interaktive Umsetzungen

Im digitalen Zeitalter muss man sich nicht auf statische Karten in Papierform beschränken. Interaktive Anwendungen bieten eine Vielzahl an weiteren Möglichkeiten, wie die Siedlungsentwicklung veranschaulicht werden kann. Die Swisstopo hat sich bereits mit der Thematik beschäftigt und anhand der Gemeinde Sissach eine erste Zeitlandkarte entworfen (RICKENBACHER, 2013). Dort können Karten verschiedener Zeitstände in chronologischer Abfolge quasi als Film im Zeitraffer angezeigt werden. Dabei kann der Benutzer zwischen der Anzeige normierter Karten und der Anzeige der ursprünglichen Kartenwerke wählen. Ebenso lässt sich die Geschwindigkeit des Zeitablaufs regeln.

Diese Umsetzung entspricht quasi der objektbezogenen Methode, wo verschiedene Zeitstände mit einheitlicher Symbolisierung einander gegenübergestellt werden. Der Vorteil verglichen mit einer Umsetzung auf Papier ist aber, dass Veränderungen dank des Films schneller ausgemacht werden können und durch den vorhandenen Zeitmassstab ein Gefühl für die Geschwindigkeit der Veränderungen entsteht.

Ein anderes Beispiel für eine interaktive Siedlungsentwicklungskarte wird in DETTE (2005) entworfen. Dort kann man die verschiedenen Zeitstände ebenfalls als Film einblenden. Im Gegensatz zu oben sind die Karten jedoch sehr einfach gehalten. Nebst der Siedlungsfläche sind nur noch die Gewässer als Orientierungshilfe dargestellt. Jeweils ein kurzer Text zur Entwicklungsgeschichte und eine laufend angepasste Statistik zur bebauten Fläche ergänzen die Karten.

Eine Neuerung stellt der sogenannte Diagrammgenerator dar, der es dem Benutzer erlauben soll, sich je nach Bedarf verschiedene Statistiken anzeigen zu lassen. Zum Zeitpunkt dieser Arbeit war die Anwendung aber noch nicht funktionsfähig.

2.3 Entwicklungsgeschichte der gewählten Gebiete

Dieser Abschnitt gibt einen Überblick über den siedlungsstrukturellen Wandel der drei ausgewählten Ortschaften in den vergangenen 150 Jahren und nennt die wichtigsten Ursachen für die jeweilige Entwicklung. Damit sollen in knappen Zügen die Hintergrundinformationen

geliefert werden, die nötig sind, um die in dieser Arbeit dargestellten Siedlungsentwicklungen umfassend verstehen zu können. Schliesslich ist eine Siedlung stets eingebettet in ein soziales, ökonomisches und ökologisches Umfeld, mit dem es in ständigem Austausch steht. Bereits HUBER (1989) hält zum Beispiel fest, dass demografische Altersstrukturen oder die Erschliessung von Räumen für die Siedlungsentwicklung von zentraler Bedeutung sind. Zusammenfassend muss also die Darstellung der Siedlungsentwicklung thematisch und inhaltlich in einen grösseren Rahmen eingebunden sein, da sie dazu dient, das menschliche Handeln durch Visualisieren zu erklären (HAAG, 1999).

Ergänzend zu den historischen Ausführungen beschreibt Abschnitt 2.3.4 mit Hilfe von statistischen Daten die Entwicklung in Zahlen. Dabei findet auch auf verschiedenen Ebenen ein Vergleich der Ortschaften im heutigen Zustand statt.

Natürlich könnte man zu den Karten und Informationen in diesem Abschnitt noch weitere historische Quellen wie Zeichnungen, Gemälde, Fotografien oder Texte beziehen. Da der Schwerpunkt dieser Arbeit jedoch in der kartografischen Visualisierung von Siedlungsentwicklungen liegt, seien weitergehende oder vertiefende Analysen der Geschichtsforschung überlassen.

2.3.1 Chur

(Ausführungen nach SIMONETT (2006))

Die von der Plessur durchflossene Stadt Chur liegt an der Talmündung des Schanfigg ins Rheintal. Als wichtiger Verkehrsknotenpunkt von Strasse und Eisenbahn sowie als Hauptstadt des Kantons Graubünden, nimmt Chur im heutigen Agglomerationsgürtel eine wichtige Zentrumsfunktion wahr.

Ende des 18. Jahrhunderts waren erst die heutige Altstadt und ein Streifen entlang der Plessur bebaut. Später folgte mit dem Einsturz der Mauer zwischen Untertor und Hexenturm eine Öffnung der Stadt, was im 19. Jahrhundert zur Expansion der Siedlung ins Vorgelände beitrug: Der Stadtgraben wurde mit Villen bebaut und es entstanden neue Bebauungen zum Rhein hin sowie am sonnigen Hang im Osten. Ausserdem wurde 1852 der bischöfliche Hof eingemeindet. Der Bau des Bahnhofs 1858, aber auch der Bau der Loestrasse im Norden, trugen im 19. Jahrhundert ebenfalls massgebend zur rasanten Entwicklung der Stadt bei. Chur wird zum wichtigen Umsteigepunkt im Bahnverkehr. Zwischen 1780 und 1910 wuchs die Wohnbevölkerung somit um das Sechsfache.

Im 20. Jahrhundert wuchs vor allem das Rheinquartier, wo insbesondere in den 60er-Jahren im Rahmen des Baubooms grosse Wohnblock-Bebauungen entstanden. Auch die Innenstadt kann sich der Entwicklung nicht entziehen: Ältere Gebäude müssen teilweise modernen Ge-

werbebauten weichen. 1965 folgt mit der A13 eine Umfahrungsstrasse. Ab den 70er-Jahren jedoch stagnieren die Einwohnerzahlen aufgrund von Abwanderung und sinkender Geburtenrate. Heutzutage ist Chur, das sich nie zu einer richtigen Industriestadt entwickelt hat, ein Dienstleistungszentrum. Chur zählt beinahe 34 000 Einwohner (BFS, 2000) und gilt nach SCHULER et al. (2005) als Kernstadt mit einer Agglomeration von über 45 000 Einwohner.



Abbildung 2.8: Die Stadt Chur vor 1835, gesehen aus nordöstlicher Richtung. (Lithografie von David Alois Schmid, aus FUCHS (2011))



Abbildung 2.9: Links: Die von Süden aus gesehene Churer Rheinebene um 1947. Rechts: Die Stadt Chur und ihre Infrastruktur um 1963. (Abbildung aus FUCHS (2011))

Die Abbildungen 2.8 und 2.9 veranschaulichen die in diesem Abschnitt beschriebene Stadtentwicklung. Wer sich eingehender mit der Churer Stadtgeschichte beschäftigen will, vor allem in kartografischer Hinsicht, der sei auf den historischen Städteatlas der Stadt Chur (FUCHS, 2011) verwiesen.

2.3.2 Les Ponts-de-Martel

Die südlich von Le Locle zwischen Neuenburgersee und französischer Grenze gelegene Gemeinde Les Ponts-de-Martel entstand am Rande eines Hochmoors (Abbildung 2.10). Aus isolierten Einzelhöfen im 14. Jahrhundert bildeten sich durch Zuwanderung im Laufe der Jahrhunderte kleine Dörfer. Ihre Ausdehnung konzentrierte sich dabei auf die Talflanken, da die Talsohle erst später trockengelegt wurde. Neben der Siedlung Les Ponts umfasst die Gemeinde somit auch die kleinen Ansiedlungen Martel-Dernier und Petit-Martel.

Im 18. und 19. Jahrhundert brachte die Uhrenindustrie wirtschaftlichen Aufschwung sowie einen gewissen Wohlstand in die Region. Les Ponts wird zum Industrieort mit einer Ansammlung an Uhrenfabriken, die Umgebung jedoch bleibt ländlich. 1890 folgt die Bahnlinie von der stark wachsenden Stadt La-Chaux-de-Fonds her.

Während der Weltkriegszeit gewinnt die Torfgewinnung an Bedeutung. Im Zusammenhang mit der einhergehenden Nutzungsintensivierung der Landwirtschaft sind die Moorflächen im vergangenen Jahrhundert zurückgegangen (vgl. EWALD (1978)). Heute zählt das Moorland-schaft zum Inventar der Hochmoore von nationaler Bedeutung. Der Torfabbau, wie auch die Uhrenindustrie, haben mittlerweile an Einfluss verloren. Die stabile Bevölkerungszahl ist vor allem auf ein intaktes Gemeinschaftsleben und auf die hohe Zahl von Binnenarbeitern zurückzuführen. Trotz einer klaren Mehrheit von Erwerbstätigen im Dienstleistungssektor, arbeitet noch immer gut ein Sechstel in der Landwirtschaft (BFS, 2000).

(nach HAUSMANN (2010) und BADILATTI (1991))



Abbildung 2.10: Les Ponts-de-Martel hat sich kaum verändert. Links: Die Siedlung um 1960. Rechts: Der Zustand um 1991.¹

¹Foto links: Swissair Photo, Zürich. Foto rechts: Willy Baumann, Bolligen. (Beide aus BADILATTI (1991))

2.3.3 Nidau

Das ehemalige Burgstädtchen Nidau liegt am östlichen Ende des Bielersees und wird von der Zihl durchflossen. Bis anfangs 19. Jahrhundert war die Stadt nur um die Burg (Abbildung 2.11) herum sowie entlang der in Nord-Süd Richtung parallel zur Zihl verlaufenden Hauptgasse und entlang der südlichen Schulgasse bebaut. Die gesamte Siedlung lag noch innerhalb der Stadtmauern. Vor allem im 17. Jahrhundert galt der Ort als wichtiger Umschlagplatz von der See- auf die Flussschifffahrt.



Abbildung 2.11: Das Wasserschloss Nidau von Westen aus gesehen. Erstmals nachgewiesen 1196 durch eine von Graf Ulrich III. von Neuenburg ausgestellte Urkunde.²

Nachdem die Stadt im 18. und 19. Jahrhundert öfters von Überschwemmungen betroffen war, wurde im Rahmen der ersten Juragewässerkorrektion (1868-1891) die Stadtumgebung trocken gelegt und die Seeuferzone erweitert. Die Nebenarme der Zihl wurden zugeschüttet und fortan ersetzte der Nidau-Büren Kanal die Zihl als Wasserstrasse. Mit Biels Anschluss an die Eisenbahn 1857 sowie dem Bau eines neuen Hafens, verlor Nidau seine Bedeutung als Umschlagplatz, woraufhin die Stadt begann, sich auf die Industriestadt Biel auszurichten. Diese Entwicklungen führten unter anderem dazu, dass gegen Ende des 19. Jahrhunderts im Westen neue Überbauungen entstanden.

Anfangs des 20. Jahrhunderts führten dann tiefe Landpreise zu einer regen Bautätigkeit. Es entstanden die Quartiere Weyermatten und Hofmatten. 1916 erhielt Nidau ausserdem einen eigenen Anschluss ans Eisenbahnnetz.

²Bildquelle: Wikipedia. <http://de.wikipedia.org/wiki/Nidau> (Zugriff März 2013)

Nach Ende des zweiten Weltkrieges setzte der nächste und grösste Bauboom ein. Die dabei neu geschaffenen Aussenquartiere gehen heute bereits nahtlos in die Stadt Biel über. Damit präsentiert sich das moderne Nidau als eine Stadt, deren Gemeindefläche fast vollständig überbaut ist (BFS, 2012). Nebst einigen Industriebetrieben haben sich vor allem Klein- und Mittelunternehmen im Dienstleistungssektor angesiedelt. Die mittlerweile zweisprachige Gemeinde ist stark auf Biel ausgerichtet.

(nach DUBLER (2011))

2.3.4 Statistische Betrachtungen

Bereits EWALD (1978), der sich mit Landschaftsveränderungen beschäftigt hat, hebt die Bedeutung von Zahlen zur Beschreibung der Dynamik im Raum hervor. Während dort jedoch die Veränderungen mittels Hektarrasterfolie auf der Landeskarte gemessen wurden, um eine möglichst hohe räumliche Relevanz des Zahlenmaterials zu erhalten, beschränken sich die Ausführungen in diesem Abschnitt auf die Daten, die beim Bundesamt für Statistik verfügbar waren. Dabei werden nicht nur siedlungsstrukturelle Kennzahlen betrachtet, sondern in knappen Zügen auch soziale und ökonomische Faktoren.

Als Gesamtheit bilden die Statistiken eine wichtige Ergänzung zur kartografischen Visualisierung der Siedlungsentwicklung. Jedoch sollten für eine vollständige und situationsgerechte Quantifizierung der Veränderungen je nach Anspruch weitere Daten erhoben werden (in diesem Zusammenhang sei auch auf den Abschnitt betreffend Schlüsselgrössen verwiesen). HUBER (1989) beispielsweise hat im Rahmen des KLV-Programms (vgl. GALLUSSER und BUCHMANN (1974)) für die Gemeinden Blauen (BE) und Urmein (GR) eine sehr genaue Analyse von Bevölkerung, Grundeigentum, Siedlung und Landwirtschaft durchgeführt, wobei unter anderem Personenbefragungen und Luftbilder zur Anwendung kamen. Eine solche Betrachtung ist aber mit hohem Aufwand verbunden und höchstens für kleine Gemeinden durchführbar.

Eine erste Übersicht bietet die Tabelle 2.1. Es lässt sich leicht erkennen, dass Chur von allen Gemeiden die grösste ist, flächenmässig wie auch an der Bevölkerung gemessen. Nidau hingegen verfügt über die mit Abstand höchste Einwohnerdichte, was aufgrund des fast vollständig überbauten Gemeindegebiets (vgl. Abbildung 2.12) kaum verwunderlich ist. Somit stehen in Nidau auch fast drei Mal mehr Gebäude als in Les Ponts-de-Martel, trotz der geringeren Gemeindefläche.

Volkszählung 2000	Chur	%	Ponts³	%	Nidau	%
Gemeindefläche [ha]	2801	-	1825	-	152	-
Wohnbevölkerung	32989	100	1297	100	6798	100
Schweizer	27062	82	1214	94	5740	84
Ausländer	5928	18	83	6	1058	16
Einwohnerdichte [1/km²]	1178	-	71	-	4472	-
Wohnbevölkerung über 15J	28300	100	1013	100	5896	100
Erwerbstätige	17950	63/100	591	58/100	3434	58/100
<i>1. Wirtschaftssector</i>	171	1	71	12	20	1
<i>2. Wirtschaftssector</i>	3094	17	137	23	918	27
<i>3. Wirtschaftssector</i>	12155	68	310	53	1965	57
<i>Ohne Angabe</i>	2530	14	73	12	531	15
Erwerbslose	704	3	14	2	176	3
Nichterwerbspersonen	9646	34	408	40	2286	39
Anzahl Wohnungen	16126	100	583	100	3645	100
Bewohnte Wohnungen	14955	93	482	83	3312	91
Mieter	10587	66	263	45	2453	67
Anzahl Gebäude	3792	100	297	100	885	100
Einfamilienhäuser	1432	38	116	39	374	42
Zweifamilienhäuser	342	9	18	6	87	10
Mehrfamilienhäuser	1163	31	55	19	266	30
Andere Wohngebäude	476	12	87	29	95	11
Sonstige Gebäude	379	10	21	7	63	7

Tabelle 2.1: Ausgewählte Zahlen aus der letzten Schweizer Volkszählung, die nach altem System durchgeführt wurde (BFS, 2000).

Les Ponts-de-Martel zeigt im Vergleich mit den anderen Ortschaften den höchsten relativen Anteil an Beschäftigten in der Landwirtschaft, wie es auch in der Arealstatistik erkennbar ist (Abbildung 2.12). In allen drei Gemeinden ist, wie in den historischen Ausführungen bereits erwähnt, über die Hälfte der arbeitstätigen Bevölkerung im Dienstleistungssektor tätig. Bei den Wohnungen erkennt man einen vergleichsweise höheren Eigentumsanteil in Les Ponts-de-Martel, wahrscheinlich auf die hohe Zahl an alten Bauten zurückzuführen (vgl. Abbildung 2.13). Wie auch Abbildung 2.14 zeigt, überwiegen die Einfamilienhäuser ohne Ausnahme. Auf den Karten ist dies deutlich anhand der vielen kleinen, quadratischen Signaturen ersichtlich. Danach folgen die Mehrfamilienhäuser.

³Les Ponts-de-Martel

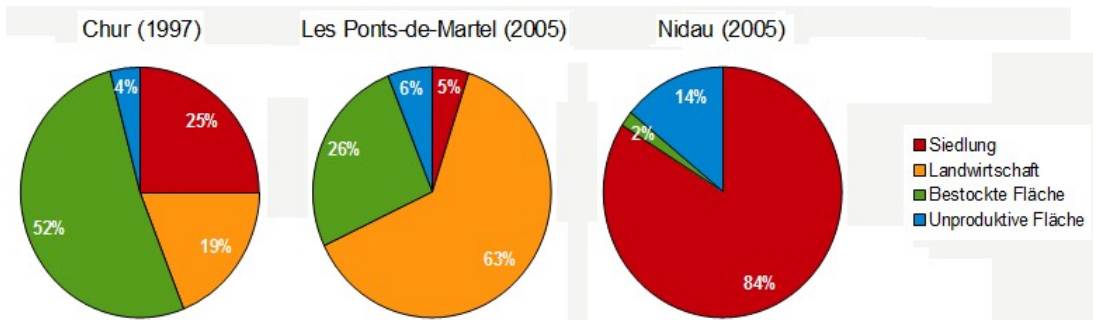


Abbildung 2.12: Flächennutzung in den gewählten Gemeinden nach neuester Erhebung. (Daten aus BFS (2012))

An dieser Stelle ist es wichtig zu erwähnen, dass im Rahmen der Volkszählung die Gebäude- und Wohnungszählung nur für Räumlichkeiten stattfand, die mit einem Wohnzweck verbunden oder bewohnt waren (BFS, 2000)). Dies ist unbefriedigend, da dadurch der Anteil an Industrie- und Gewerbebauten nicht erfasst ist. Die vorhandenen Zahlen sollten aber dennoch genügen, um die stattgefundenen Bautätigkeiten quantifizieren zu können (betrifft vor allem die Abbildungen 2.13 und 2.15).

Die bereits erwähnte Arealstatistik (Abbildung 2.12) zeigt, wie das kleine Gebiet Nidaus heutzutage nebst der Siedlungsfläche insbesondere durch den Nidau-Büren Kanal und der Zihl bestimmt wird (unproduktive Fläche). Les Ponts-de-Marel und Chur hingegen weisen im Norden bzw. im Südosten ein grösseres Waldgebiet auf. Die Churer Landwirtschaftsfläche befindet sich hauptsächlich in Rheinnähe, das Tal ist aber sonst weitgehend überbaut. Leider können die Daten der Arealstatistik nicht mit früheren Ständen verglichen werden, da die Messmethode für die Bodennutzung erst mit der Arealstatistik 1979/85 fortgesetzt wurde (BFS, 2013). Vorangegangene Erhebungen weisen alle unterschiedliche Methoden und Definitionen auf, womit Zeitreihen zu falschen Aussagen führen könnten.

Betrachtet man Abbildung 2.13, so erkennt man für Chur ein relativ regelmässiges Siedlungswachstum, mit einem Boom in den 60er- und 70er-Jahren. Da stets deutlich mehr Wohnungen als Gebäude entstanden, kann auf eine verbreitete Errichtung von mehrstöckigen Bauten geschlossen werden. Zieht man Abbildung 2.14 bei, so dürfte es sich vor allem um Mehrfamilienhäuser handeln. Dass sich Chur hauptsächlich im 20. Jahrhundert entwickelte, ist beim Vergleich von Siegfriedkarte und Landeskarte an der Ausbreitung der Stadt in die Rheinebene erkennbar.

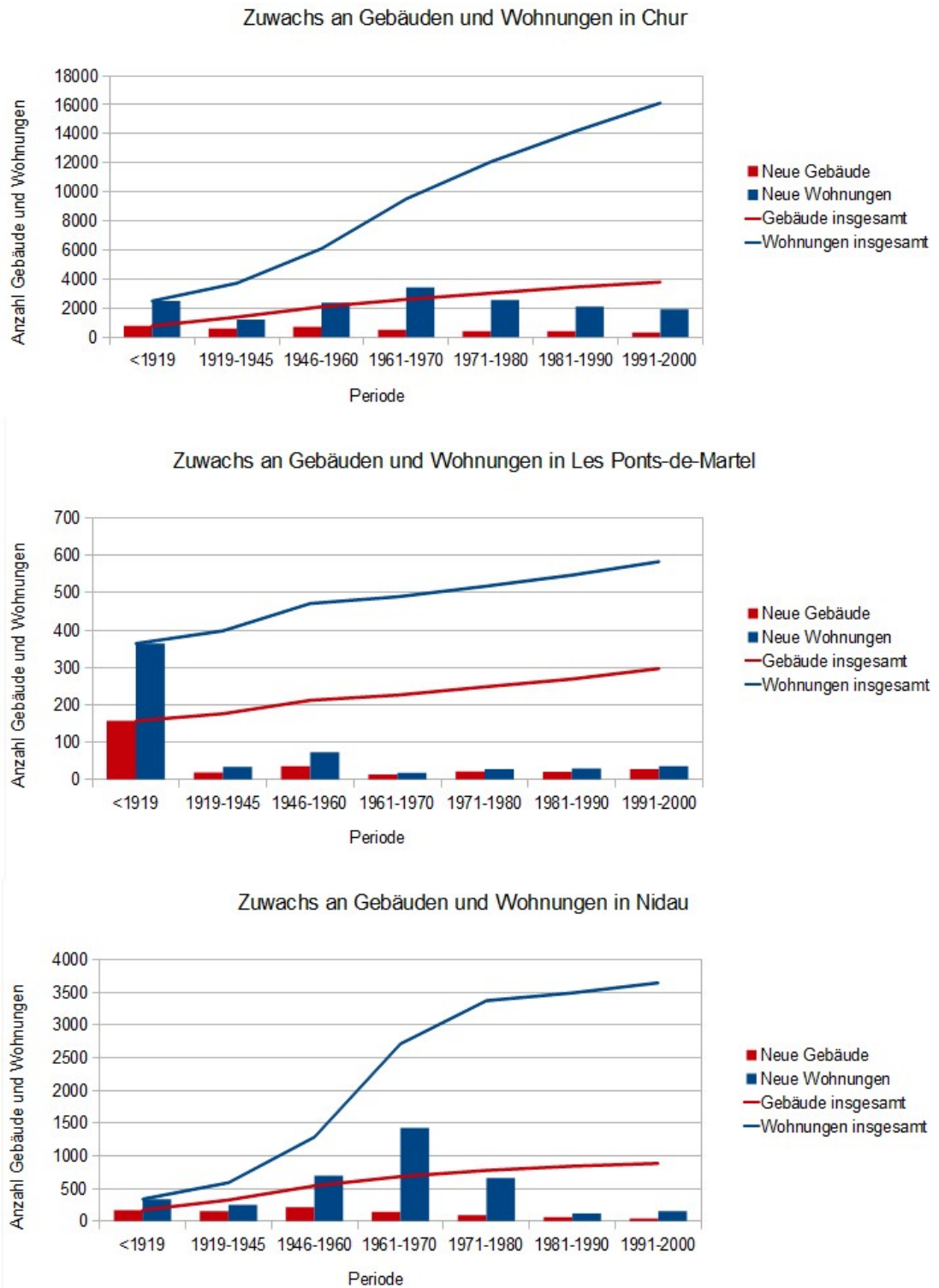


Abbildung 2.13: Bautätigkeit der gewählten Gemeinden im vergangenen Jahrhundert. (Daten aus BFS (2000))

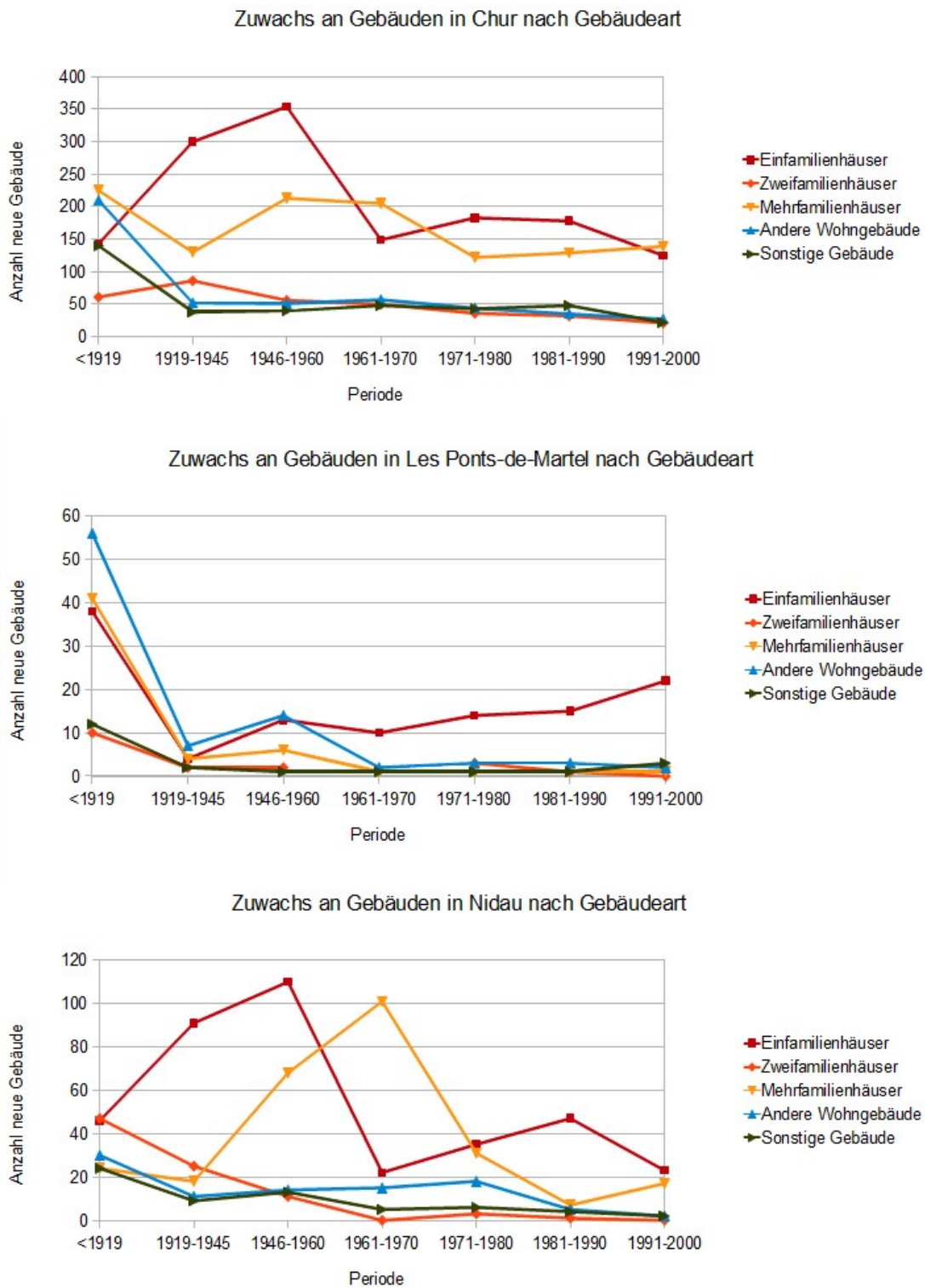


Abbildung 2.14: Anzahl neu errichteter Gebäude in den gewählten Gemeinden. Zu beachten ist die nicht ganz lineare Skalierung der horizontalen Achse. (Daten aus BFS (2000))

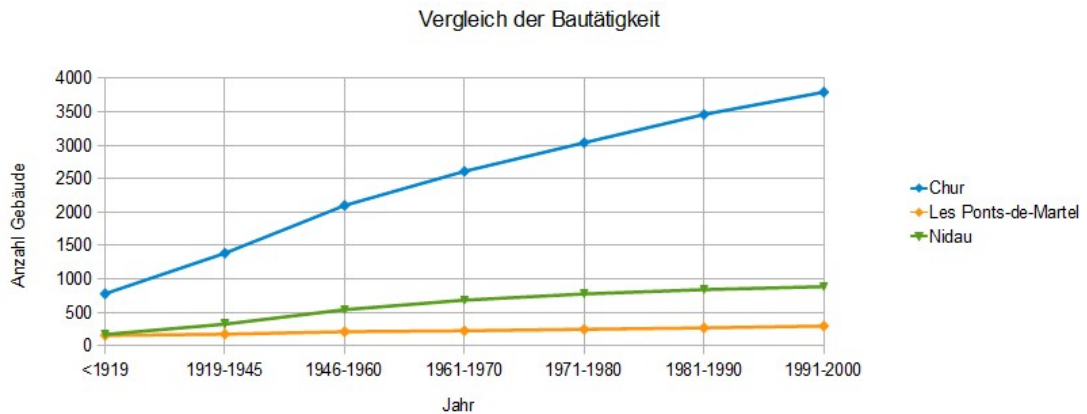


Abbildung 2.15: Direkter Vergleich der Anzahl Gebäude in den gewählten Gemeinden während des vergangenen Jahrhunderts. (Daten aus BFS (2000))

In Les Ponts-de-Martel ist, wie oben bereits angesprochen, das meiste vor 1919 errichtet worden. Danach folgte erst nach dem zweiten Weltkrieg eine leicht stärkere Entwicklung, ehe wieder sehr ruhige Jahrzehnte der Bautätigkeit folgten. Insgesamt fand nur wenig Veränderung statt. Dabei wurden fast gleich viele Wohnungen wie Gebäude errichtet, was auf niedrige Baukörper schliessen lässt. Abbildung 2.14 zeigt denn auch die geringere Verbreitung von Mehrfamilienhäusern zugunsten von Wohngebäuden, die auch andersweitig genutzt werden. Es handelt sich eventuell um eine Erscheinung, die sich auf lokales ländliches Gewerbe oder die Landwirtschaft zurückführen lässt. Die Einfamilienhäuser, die ab den 60er-Jahren entstanden, entsprechen auf der Landeskarte womöglich den kleinen Einheiten in Waldnähe. Wie oben in den historischen Ausführungen erwähnt wurde, fand in Nidau nach dem zweiten Weltkrieg ein regelrechter Bauboom statt. Die Anzahl Gebäude hat sich in dieser Zeit fast verdoppelt, die Anzahl Wohnungen sogar verdreifacht (Abbildung 2.13). Heute findet aber nur noch wenig Bautätigkeit statt, was damit zusammenhängt, dass die Gemeindefläche komplett überbaut ist (Abbildung 2.12). Auf der Karte ist diese Entwicklung ebenfalls deutlich erkennbar: Während zwischen Dufour- und Siegfriedkarte nur wenig Unterschiede ausgemacht werden können, entsteht beim Vergleich mit der Landeskarte der Eindruck einer explosionsartigen Ausbreitung der Siedlung.

Ein direkter Vergleich der Bautätigkeit zwischen den drei Gemeinden (Abbildung 2.15) zeigt wiederum, wie Nidau, anfänglich gleich gross wie Les Ponts-de-Martel, einem plötzlichen Wandel unterliegt. Es ist einleuchtend, dass Chur als Kantonshauptstadt und städtisches Zentrum stärker gewachsen ist als die beiden anderen Vergleichsgemeinden.

Die in Abbildung 2.16 veranschaulichte Bevölkerungsentwicklung bestätigt die bisherigen Ausführungen. Die einzelnen Entwicklungsphasen sind auch hier klar erkennbar. Zusätzlich sieht man, wie die Bevölkerungszahlen in Les Ponts-de-Marel zeitweise rückläufig waren, insgesamt aber konstant blieben. Chur erfährt im Grunde zwei grössere Wachstumsphasen, eine vor dem ersten Weltkrieg und eine nach dem zweiten Weltkrieg.

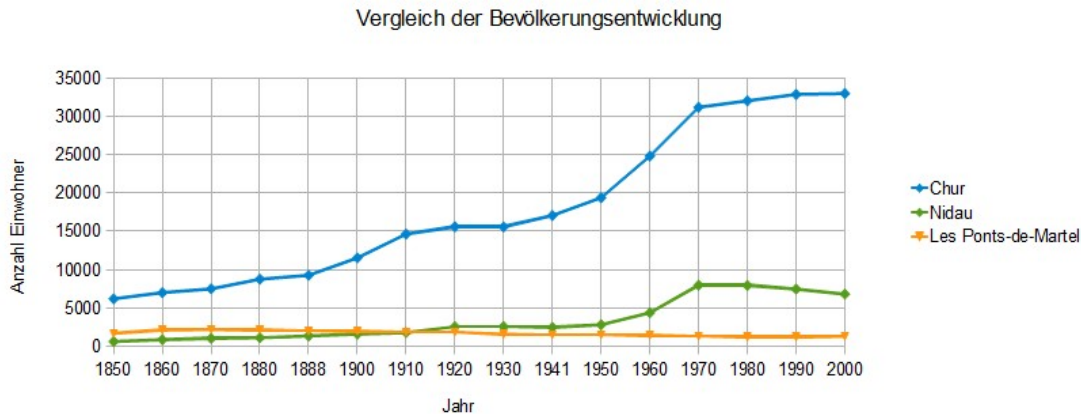


Abbildung 2.16: Direkter Vergleich der Bevölkerungsentwicklung über die letzten 150 Jahre in den gewählten Gemeinden. (Daten aus BFS (2000))

Abschliessend zeigt Abbildung 2.17 eine Übersicht der Altersstrukturen der drei Gemeinden. Man kann beobachten, dass in Les Ponts-de-Martel die jüngere Bevölkerung stärker vertreten ist, danach aber bei den 15- bis 25-Jährigen eine Abnahme zu verzeichnen ist. In Chur leben tendenziell weniger Personen über 65 als in den anderen zwei Gemeinden.

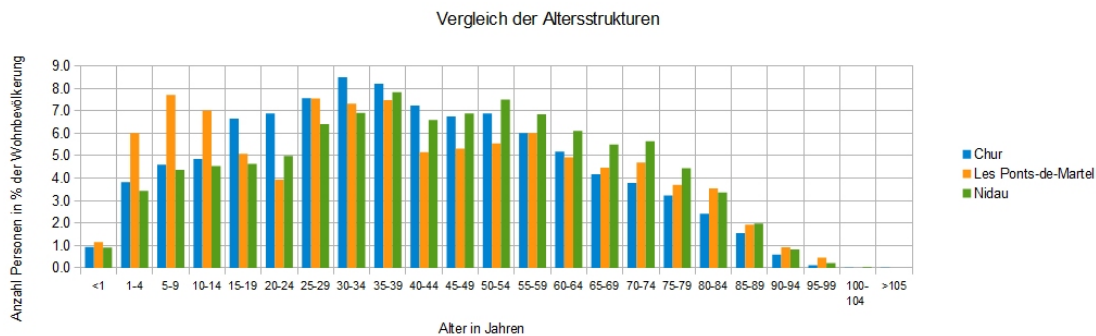


Abbildung 2.17: Direkter Vergleich der Altersstruktur der gewählten Gemeinden im Jahre 2000. (Daten aus BFS (2000))

Zur Begründung der genannten Sachverhalte können nur Vermutungen angestellt werden. Möglich sind beispielsweise kulturelle Unterschiede oder das Vorhandensein grosser Bauernfamilien, die zu einer höheren Anzahl an Kindern in Les Ponts-de-Martel führen. Diese ziehen dann wahrscheinlich zu Ausbildungszwecken in eine grössere Ortschaft, um später mit Familie zurückzukehren. Das Mehr an alten Leuten hingegen könnte mit einer erhöhten Heimatverbundenheit oder der gesünderen Landluft erklärt werden.

Auf weitere Interpretationen wird an dieser Stelle jedoch verzichtet, da die Aussagen für die Siedlungsentwicklung nur geringe Bedeutung haben, beziehungsweise es dazu wie in HUBER (1989) einer in diesem Zusammenhang sehr viel detaillierteren Analyse bedarf.

2.4 Verwendete Software und Daten

Sämtliche in Kapitel 3 beschriebenen Ansätze zur Darstellung der Siedlungsentwicklung wurden mit der Software ArcGIS⁴ der Firma ESRI getestet. Zum Zeitpunkt dieser Arbeit lag diese an der ETH in der Version 10.1 vor. Dabei handelt es sich Softwareumgebung, die unter anderem das Verwalten, Erfassen und Analysieren von Geodaten ermöglicht. Relevant waren hier ausschliesslich die Programmteile ArcMap und ArcCatalog. Während ArcMap insbesondere dem Importieren von Raster- und Vektordaten sowie der Erfassung und Visualisierung von solchen Daten dient, liegt der Schwerpunkt von ArcCatalog auf der Datenverwaltung. Wichtig war auch der sogenannte ModelBuilder, eine in ArcGIS enthaltene Anwendung, die das Aneinanderreihen von verschiedenen GIS-Operationen erlaubt und dem Erstellen von komplexen Berechnungen dient.

Die verwendeten Basisdaten stammen vom Geodatenportal GeoVITe⁵, eine von der ETH Zürich zur Verfügung gestellte Plattform, die einen einfachen Zugriff auf Geodaten der Swisstopo erlaubt. Für die Gebiete Chur und Les Ponts-de-Martel wurden die Vektordaten basierend auf der aktuellen Landeskarte (VECTOR25⁶) sowie die Rasterdaten aller Kartenwerke (jeweilige Erstausgabe der Dufourkarte, Letztausgabe der Siegfriedkarte und aktuelle Landeskarte) bezogen. Als Ergänzung dienten das Relief (Rasterformat) und die Gemeindegrenzen (Vektorformat).⁷

⁴Vgl. <http://www.esri.com/software/arcgis> (Zugriff April 2013)

⁵<https://geodata.ethz.ch/geovite/> (Zugriff April 2013)

⁶Vgl. <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/vector25.html> (Zugriff April 2013)

⁷Die genannten und in den Abbildungen dieser Arbeit dargestellten Basisdaten wurden reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100120). Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Art. 30 GeoIV): 5704 000 000

Alle Daten waren bereits georeferenziert und konnten als SHP-Datei⁸ bzw. als TIF-Datei⁹ direkt in ArcGIS importiert werden.

Die Basisdaten für Nidau hingegen wurden der Arbeit von LORENZ (2012) entnommen, stammen aber ebenfalls von GeoVITe. Neben den Basisdaten waren hier auch die vereinheitlichten Vektordaten der verschiedenen Zeitstände als Shapefile verfügbar.

Tabelle 2.2 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Massstäbe und Publikationsjahre der erwähnten Karten.

Gemeinde	Dufourkarte	Siegfriedkarte	Landeskarte
Chur	1859	1933	2008
	1:100 000	1:50 000	1:25 000
Les Ponts-de-Martel	1845-1846	1945-1946	2011
	1:100 000	1:25 000	1:25 000
Nidau	1874	1946	2005
	1:100 000	1:25 000	1:25 000

Tabelle 2.2: Massstäbe und Publikationsjahre der verwendeten Karten. Bei Angabe mehrerer Jahreszahlen lag das Gebiet auf verschiedenen Blättern verteilt. Zu beachten sind die unterschiedlichen Massstäbe bei der Siegfriedkarte. (Angaben aus SWISSTOPO (2012))

⁸Shapefile: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf> (Zugriff April 2013)

⁹GeoTIFF: <http://trac.osgeo.org/geotiff/> (Zugriff April 2013)

3 Methodik und Ergebnisse

3.1 Siedlungsstrukturen und -entwicklung

Im Laufe der Zeit wird eine Siedlung durch Menschenhand, aber auch durch Umweltereignisse einem Strukturwandel unterzogen. Im Zusammenhang mit der Beschreibung dieses Wandels stellt sich zuerst die Frage, welche Veränderungen innerhalb einer Siedlung überhaupt auftreten können. An dieser Stelle werden dazu auf Gebäudeebene sieben Varianten unterschieden. Eine ähnliche Unterscheidung ist aus Sicht der Raumplanung unter dem Begriff *Flächenveränderungen* auch in HOFMANN (1998) zu finden.

- Neubau eines Gebäudes auf der grünen Wiese
- Neubau eines Gebäudes im bestehenden Siedlungskörper
- Abriss eines Gebäudes mit Ersatzbau an gleicher Stelle
- Abriss eines Gebäudes ohne Ersatzbau
- Anbau an ein bestehendes Gebäude
- Abriss eines Gebäudeteils mit Ersatz
- Abriss eines Gebäudeteils ohne Ersatz

Versucht man solche Veränderungen anhand von Kartenwerken verschiedenen Standes festzustellen, bemerkt man relativ schnell, dass allein durch Kartenvergleich nicht jeder Eingriff sichtbar ist. Der Neubau eines Gebäudes ist wahrscheinlich das Einzige, das mit grosser Sicherheit bemerkbar ist. Vorausgesetzt, der Kartenmassstab bleibt unverändert und gross genug, um das Bauwerk darstellen zu können. Folgt man den kartografischen Anforderungen für Minimaldimensionen (zum Beispiel nach HURNI (2008) 0.5mm), so müsste für ein

alleinstehendes Gebäude von 25 auf 25 Meter der Massstab mindestens 1:50 000 betragen. Ähnliches gilt für den Abriss ohne Ersatzbau.

Aber bereits beim Anbau an eine bestehende Baute, ein Eingriff der meistens flächenmässig kleiner als ein Neubau ist, kann durch die Generalisierung der Karte kein Unterschied mehr verzeichnet werden. Die Generalisierung ist umso grösser, je kleiner der Kartenmassstab. Es bräuchte mindestens einen Massstab von 1:20 000, um einen Grossteil der Anbauten unterhalb von 10m erfassen zu können. Beim Abriss eines Gebäudeteils ohne Ersatz dürfte es sich ähnlich verhalten.

Aus gleichem Grund ist auch der Abriss eines Gebäudes oder Gebäudeteils nicht feststellbar, wenn an gleicher Stelle ein Ersatzbau errichtet wird, der über einen ähnlichen Grundriss verfügt. Beziehungsweise könnte es sich, vorausgesetzt eine Veränderung kann ausgemacht werden, ebenso gut um einen Anbau handeln.

SPIESS (1990) hält denn auch fest, dass beispielsweise in der Dufourkarte (Massstab von 1:100 000) bis zu drei Gebäude zusammengefasst sein können.

Man erkennt also, dass es nicht einfach ist, die baulichen Massnahmen innerhalb einer Siedlung zurückzuverfolgen. Die Frage ist auch, in welchem Detailgrad man sich damit beschäftigen will. Soll die Siedlungsentwicklung eher grossflächig beschrieben werden, so bieten flächenbezogene kartografische Verfahren, wie sie in Abschnitt 2.2 beschrieben sind, einen guten Ansatz. Grössen, welche die Siedlungsstruktur beschreiben, können dabei helfen, den Informationsgehalt und die Aussagekraft zu erhöhen. Abschnitt 3.1.1 gibt eine Übersicht über solche möglichen (zahlenbasierten) Schlüsselgrössen. Die in dieser Arbeit getesteten Darstellungsverfahren basieren auf solchen flächenbezogenen Ansätzen.

In diesem Zusammenhang ist die Frage nach der Definition der Siedlungsfläche nicht unwesentlich (oben im Zusammenhang mit flächenbasierten Verfahren bereits angesprochen). Mit einer solchen Definition beschäftigt sich Abschnitt 3.1.2. Abschliessend wird eine Alternative zu den Schlüsselgrössen entworfen, welche versucht, die Siedlungsstruktur qualitativ zu erfassen (Abschnitt 3.1.3).

3.1.1 Schlüsselgrössen

Zur quantitativen Beschreibung der siedlungsstrukturellen Veränderungen mit Hilfe von flächenbezogenen Ansätzen, werden an dieser Stelle verschiedene Schlüsselgrössen betrachtet. Tabelle 3.1 gibt hierbei eine generelle Übersicht und zeigt auch auf, wie die Grössen für Statistiken auf Gemeindeebene verwendet werden können (Spalte Statistik). Dabei handelt es sich um eine angepasste Form der Zusammenstellung aus HECHT et al. (2010). Kennwerte, die auf Wohnungs- oder Geschossflächendaten basieren, wurden von Vornherein ausgeschlossen,

da detaillierte Informationen über einen Zeitraum von 150 Jahren diesbezüglich nur schwer erhältlich sind. Gleiches gilt für den Kennwert der Einwohnerdichte, der als Beschreibungs-
mass zwar ebenso denkbar wäre, aber für den gebäudescharf jeweils die Anzahl Bewohner
bestimmt werden müsste.

Eigenschaft	Einheit	Darstellung	Statistik
Baualter	Jahr	Jahr der Erstbebauung	Anz. Gebäude nach Alter
Überbauungsgrad	%	Summe der Gebäudegrund- flächen rel. zur Zonenfläche	Relativ zur Siedlungsfläche
Gebäude(zahl)	1/F	Anz. Gebäude	Gesamte Anz. in der Gemeinde
-dichte	1/m ²	Anz. Gebäude pro Fläche	Durchschn. Anz. pro Fläche
-volumen	m ³	Anz. Volumen	Gesamtes Volumen der Gemeinde
-volumendichte	m ³ /m ²	Anz. Volumen pro Fläche	Durchschn. Volumen pro Fläche
Siedlungsfläche	%	Anteil der Siedlungsfläche relativ zur Zonenfläche	Relativ zur Gemeindefläche

Tabelle 3.1: Schlüsseleigenschaften einer Siedlung und ihre mögliche Darstellung mit flächenbezo-
genen Ansätzen und Statistiken auf Gemeindeebene. Ohne weitere Angaben beziehen
sich die Grössen im ersten Fall (Spalte Darstellung) auf die Zonenfläche, im zweiten
(Spalte Statistik) auf die Gemeindefläche. Mit Zone ist dabei beispielsweise ein Quartier
gemeint (vgl. Abschnitt 2.2.6).

Eigenschaft	Veränderungen
Überbauungsgrad	Relative Zu-/Abnahme des Überbauungsgrades
Gebäudezahl	Gebäudesaldo
Gebäudedichte	Relative oder absolute Zu-/Abnahme der Anz. Gebäude pro Fläche
Siedlungsfläche	Relative oder absolute Zu-/Abnahme der Siedlungsfläche

Tabelle 3.2: Ausprägungen von Schlüsseleigenschaften einer Siedlung innerhalb von Zeitreihen

Nach näherer Betrachtung von Tabelle 3.1 stellt man fest, dass sich Darstellungen anhand
des Baualters im Gegensatz zu den anderen Eigenschaften zwar für verschiedene Stände auf
einer einzigen Karte darstellen liessen, es aber der oben beschriebenen Variante „Siedlungs-
ausdehnungen auf einer Karte“ sehr nahe kommt. Die Möglichkeiten, damit verschiedene
Arten der Veränderungen flächenbezogen zu erfassen, sind gering. Eher eignet sich das Bau-
alter zur Darstellung mit objektbezogenen Ansätzen.

Das Gebäudevolumen auf der anderen Seite wäre wahrscheinlich das geeignetste Mass, die
Siedlungsentwicklung zu beschreiben. Insbesondere in städtischen Gebieten mit grosser In-

nenentwicklung, wo ganze Quartiere mit Hochbauten nachverdichtet werden, liessen sich mit dem Gebäudevolumen als Verdichtungsmass sicher mehr Veränderungen festhalten, als mit dem Überbauungsgrad. Allerdings sind die dazu benötigten Informationen zur Gebäudehöhe über einen Zeitraum von 150 Jahren nur mit grossem Aufwand aufzutreiben.

Dementsprechend beschränkt sich diese Arbeit auf die übrigen Grössen, die mit Hilfe von Kartenmaterial oder geometrischer Information aus Vektordaten leicht erfasst werden können (Überbauungsgrad, Siedlungsfläche, Gebäudeanzahl und -dichte). Tabelle 3.2 listet die Veränderungsfaktoren dieser Grössen auf, da im Zusammenhang mit Zeitreihen vor allem Unterschiede zwischen Zeitständen im Vordergrund stehen.

3.1.2 Definition der Siedlungsfläche

Die im Zusammenhang mit den Schlüsselgrössen in Tabelle 3.1 erwähnte Siedlungsfläche ist eine Grösse, die einer genauen Definition bedarf. Sie dient jedoch nicht nur allein zur Beschreibung der Siedlungsstruktur, sondern bildet auch die Grundlage für die unten getestete Polygonvariante.

Die Swisstopo bietet mit dem Vektordatensatz VECTOR25 einen Layer Primärflächen an, der nebst anderen Bodennutzungen auch Siedlungsgebiete beinhaltet (SWISSTOPO, 2007). Es handelt sich dabei um interpretierte Flächen, die sich auf grössere zusammenhängende Siedlungen beziehen. Wichtig ist dabei, dass sich die Flächen verschiedener Bodennutzungen gegenseitig ausschliessen und insgesamt ein flächendeckendes, lückenloses Polygonnetz ohne Überlappungen vorliegt. Anhand welcher Kriterien diese Einteilung oder Interpretation jedoch vorgenommen wird, ist nicht erwähnt.

Eine weitere Definition der Siedlungsfläche taucht in der Schweizer Arealstatistik auf. Der zugehörigen Nomenklatur entnehmend handelt es sich dabei um Flächen, die vorwiegend durch Arbeiten, Wohnen, Erholung und Verkehr geprägt sind (BFS, 2007). Bei sich überlagernden Nutzungen haben die Siedlungsflächen Vorrang, womit darin auch bestockte oder unproduktive Flächen wie zum Beispiel Pärke enthalten sein können. Die Siedlungsfläche ergibt sich insgesamt aus den Gebäudegrundflächen und dem jeweiligen Gebäudeumschwung. Letzterer kann durch die entsprechende Parzelle oder mit der mit dem Gebäude in Zusammenhang stehenden Nutzung definiert sein. Ebenso in der Fläche enthalten sind die durch den Menschen gestalteten Erholungsanlagen, wie beispielsweise Friedhöfe oder Golfplätze sowie Strassen- und Bahnareale.

Basis für die eigene Definition der Siedlungsfläche bildete der Gebäudelayer aus dem VECTOR25 Datensatz. Die eigentliche Berechnung erfolgte mit dem ModelBuilder in ArcGIS. Da nicht nur die Gebäude, sondern auch ihr Umschwung miteinbezogen werden sollten, wurde

in einem ersten Schritt mit Hilfe des Near-Tools in ArcGIS der durchschnittliche Abstand eines Gebäudes zur nächsten Strasse sowie zum nächsten Gebäude berechnet. Am Beispiel von Chur betrug der Abstand zur nächsten Strasse rund 12 Meter mit 12 Meter Standardabweichung. Der Abstand zum nahegelegensten Gebäude betrug 9 Meter im Durchschnitt mit 8 Meter Standardabweichung, wobei zu berücksichtigen ist, dass sich die vektorisierten Strassenlinien jeweils in der Strassenmitte befinden. Die Werte für die anderen zwei Beispielgemeinden fielen ähnlich aus.

Es wurde somit entschieden, für den Umschwung eine Reserve bzw. einen Buffer von 20 Metern um die Gebäude zu legen, da damit gut 60% der genannten Abstände berücksichtigt sind.

Weitere Schritte bestanden darin, Buffer-Polygone um einzelne Gebäude ausserhalb des Siedlungsbereiches zu eliminieren sowie kleinere Lücken innerhalb zu schliessen. Massgebendes Kriterium war hierbei nebst der Polygonfläche auch das Verhältnis zwischen Umfang und Fläche des Polygons, um sehr langgezogene Lücken oder Buffer detektieren zu können.

Schliesslich wurde Siedlungsfläche, welche sich mit einer anderen Bodennutzung aus dem Primärflächen-Layer der Swisstopo (vgl. SWISSTOPO (2007)) überschneidet, weggeschnitten. Strassen und andere Verkehrswege sind nicht berücksichtigt, weil beispielsweise Überlandstrassen ausserhalb von Siedlungen nur schwer zum Umschwung eines bewohnten Gebietes gezählt werden können.

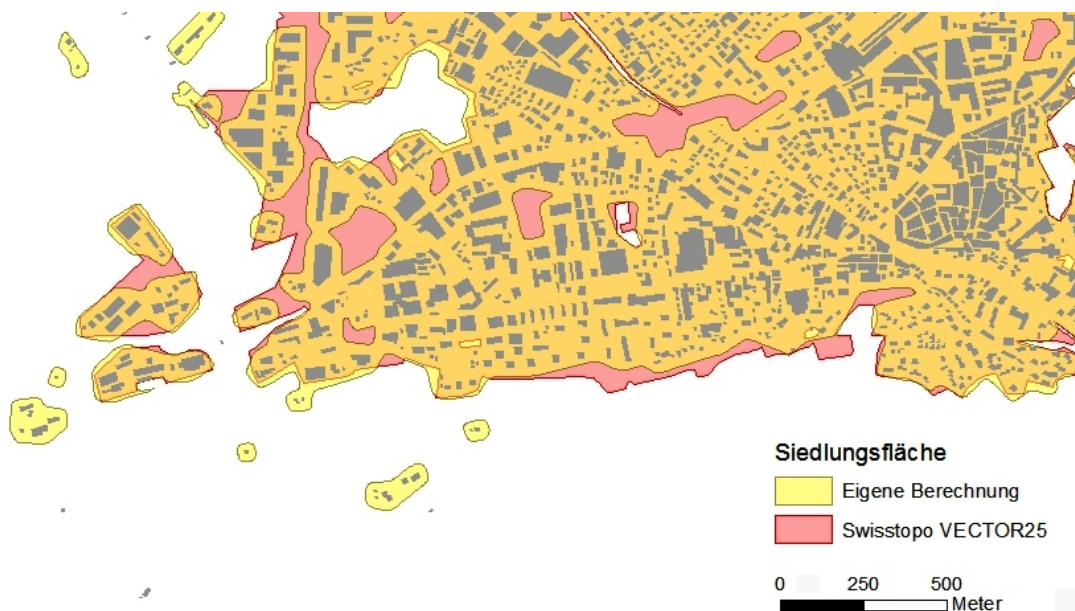


Abbildung 3.1: Ausschnitt aus der in ArcGIS berechneten Siedlungsfläche der Gemeinde Chur verglichen mit der Definition aus dem VECTOR25 Datensatz (Layer Primärflächen).

Die folgende Auflistung nennt die einzelnen Rechenschritte sowie die gewählten Parameter im Rahmen der Modelle im ModelBuilder. Da zur Detektion der Lücken innerhalb der Siedlungsfläche auf eine Topologieberechnung zurückgegriffen wurde, musste das ganze Verfahren auf insgesamt drei Modelle aufgeteilt werden. Dazwischen sind manuelle Arbeitsschritte erforderlich.

Alternativ wäre eine aufwändigere Umsetzung mit einem Python¹-Skript denkbar, mit dem die manuellen Schritte allenfalls umgangen werden könnten. Dies jedoch auch im Rahmen dieser Arbeit zu testen, lag ausserhalb des Zeitbudgets.

Ein Beispiel für ein Resultat aus dieser Berechnung ist in Abbildung 3.1 zu sehen.

Modell 1:

1. Berechnung eines Buffers von 20m um die Gebäude
2. Vereinigung der einzelnen Buffer mit dem Tool *Dissolve* zu einem einzigen Polygon
3. Kopieren des Bufferlayers in ein Feature Dataset und Anlegen einer neuen Topologie mit der Regel *Must not have gaps*

Manuell in ArcMap:

1. Im Editiermodus die *Topology* Toolbar aufrufen und die Topologie für den Bufferlayer auswählen
2. Die Topologie validieren und im *Error Inspector* alle Fehler anzeigen lassen
3. Die aufgelisteten Fehler markieren und über Rechtsklick die Option *Create Feature* wählen, damit für die Lücken Polygone generiert werden
4. Editiermodus verlassen und Änderungen speichern

¹Python: www.python.org/ (Zugriff Mai 2013)

Modell 2:

1. Subtraktion des manuell editierten Layers mit den gefüllten Lücken vom ursprünglichen Bufferlayer mit Hilfe des *Erase Tools*, um die Lücken-Polygone in einen eigenen Layer zu extrahieren
2. Löschen bzw. Wegselektieren der Lücken, deren Fläche kleiner 2000m^2 und das Verhältnis zwischen Fläche und Umfang kleiner 7 ist
3. Subtraktion der anzahlmässig reduzierten Lücken-Polygone vom Layer mit den gefüllten Lücken (*Erase-Tool*) und Berechnung eines Buffers von 10m um das Ergebnis herum
4. Importieren des im vorangegangenen Schritt generierten Layers in ein Feature Dataset und Erstellung einer neuen Topologie mit dem Parameter *Cluster Tolerance* auf 5m
5. Validierung und Anwendung der Topologie führt zu einer Generalisierung des Bufferlayers; runde Formen werden abgeschliffen
6. Vereinigung aller Polygone zu einem einzigen Polygon (*Dissolve-Tool*)
7. Zuschneiden des Polygons entlang der Gemeindegrenzen und Wegschneiden von andersweitigen Bodennutzungen mit Hilfe des Tools *Clip* und den entsprechenden VECTOR25 Daten
8. Aufteilung des zusammenhängenden Polygons in einzelne Teilstücke (*Multipart to Singlepart-Tool*) und Wegselektieren von Polygonen mit Fläche kleiner 2000m^2 und Verhältnis zwischen Fläche und Umfang kleiner 7

Nun können analog zum oben beschriebenen manuellen Schritt nochmals die Lücken gefüllt werden, die bei der Generalisierung (Schritte 4 und 5 im 2. Modell) entstanden sind.

Das 3. Modell danach entspricht dem 2. Modell ohne Generalisierung und Zuschneidung. Die Anwendung der Tools *Simplify* und *Smooth* dient abschliessend dazu, die Siedlungsfläche für kartografische Zwecke anschaulicher zu gestalten und verschiedene, vor allem im Zuge der Generalisierung entstandene, Artefakte zu beseitigen (siehe Abbildung 3.2).

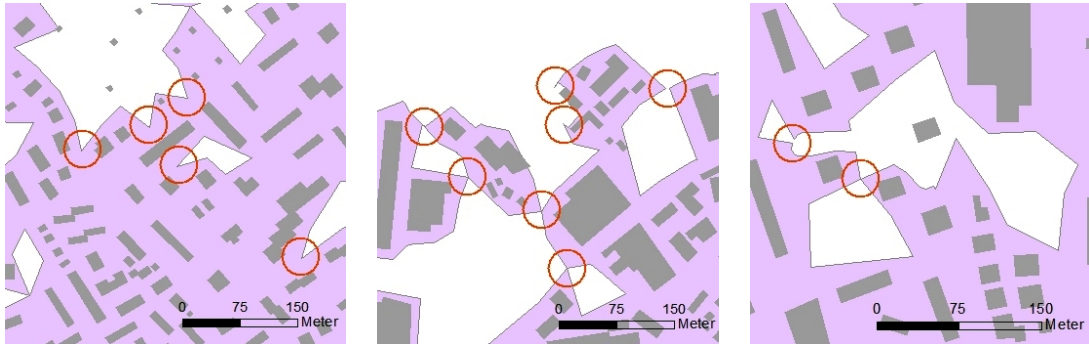


Abbildung 3.2: Beispiele für typische Artefakte, die bei der Berechnung der Siedlungsfläche entstehen können (rote Kreise): Spitze Winkel, zu kleine Abstände und andere Unschönheiten.

Das vorliegende Beispiel (Abbildung 3.1) hat gezeigt, dass mit dieser Methodik plausible Ergebnisse erzielt werden können, die stellenweise recht genau mit der Definition der Swisstopo übereinstimmen. Das Polygon umfasst die wichtigsten Siedlungsbereiche und wirkt an den meisten Stellen geordnet. Mit einer besseren Abstimmung der einzelnen Parameter bzw. Anhebung der Flächen-Untergrenze für die Polygone ausserhalb des zusammenhängenden Siedlungskörpers, liessen sich die durch alleinstehende Bauten verursachten Siedlungsflächen noch umfangreicher beseitigen. Genauso steht es offen, grössere Lücken innerhalb des Siedlungskörpers zu schliessen.

Dennoch bleiben einige der in Abbildung 3.2 gezeigten Artefakte erhalten. Interessant wäre es hierbei zu untersuchen, inwieweit das Ergebnis sich ändert, wenn eckige statt wie im diesem Fall runde Buffer verwendet werden. Aufgrund fehlender Lizenzen stand diese Option nicht zur Verfügung. Wahrscheinlich könnte dann eher auf den beschriebenen Generalisierungsschritt verzichtet werden, der für einen Grossteil der Artefakte verantwortlich ist. Allenfalls liesse sich dieser auch durch ein Tool wie *Simplify* ersetzen; ob es dann zu besseren Ergebnissen kommt, ist aber nicht überprüft.

3.1.3 Strukturbeschreibung mit Klassen

Als Alternative zu den in Abschnitt 3.1.1 beschriebenen Schlüsselgrössen, die der Idee nach auf einer exakten Berechnung basieren und somit als quantitativ betrachtet werden können, wurde eine neue, qualitative Variante zur Beschreibung der Siedlungsstruktur entwickelt. Ihr Hauptgedanke liegt darin, eine bestimmte Fläche einer Kategorie zuzuordnen, die anhand verschiedener Kriterien die dort vorhandene Besiedlung beschreibt. Diese Idee ist nicht gänzlich neu. Bereits KOEPPPEL et al. (1991) hat ein Verfahren entwickelt, um den Grad der Naturnähe messen und innerhalb einer Zeitreihe vergleichen zu können. Dabei wird zuerst

eine sogenannte Auswertematrix in Form eines regelmässigen Rasters auf die Karte gelegt. Für jedes Feld schätzt man dann in fünf verschiedenen Kategorien, wie zum Beispiel „örtliche Erschliessung“ oder „Besiedlung“, auf einer qualitativen Skala mit acht Klassen die Intensität des menschlichen Eingriffs ab. Die Klassen entsprechen Wertungspunkten von 1 (sehr naturnah) bis 8 (urban), die für die verschiedenen Kategorien am Schluss aufsummiert werden. Eine Beschreibung dieses Verfahrens findet man auch in STIRNEMANN (2000).

Obschon KOEPPPEL et al. (1991) für seine Kategorie „Besiedlung“ verschiedene Klassen zur Beschreibung der Siedlungsstruktur definiert, bleibt deren Ausgestaltung wegen der nachträglichen Anwendung auf ein Raster mit grossen Feldern von 100ha ziemlich grob. Demzufolge mussten für diese Arbeit eigene Klassen erarbeitet werden.

Aus den Erkenntnissen, die sich mit den ersten Versuchen am Rasternetzansatz ergaben (siehe Abschnitt 3.2 unten), wurde eine Unterteilung in 7 Klassen hergeleitet. Ausgangspunkt bildeten die verschiedenen siedlungsstrukturellen Ausprägungen der einzelnen Rasterfelder. Ursprünglich waren 10 Klassen vorgesehen, doch diese Einteilung erwies sich im Falle der Dufourkarte als zu feingliedrig, da aufgrund des kleinen Massstabes eine genaue Analyse nur beschränkt möglich ist.

Die überschaubare Anzahl von 7 Klassen erlaubt nun mit allen Karten eine ausreichend differenzierte Charakterisierung der Siedlungsstruktur, ohne später die Übersicht im Kartenbild durch eine lange Legende zu beeinträchtigen.

Die Verbindung mit zahlenbasierten Grössen, wie sie am Anfang dieses Kapitels erwähnt wurden, und die Wahl von einfachen Grenzwerten soll die Zuordnung von Flächen zu einer Klasse vereinfachen.

Für die Beschreibung der einzelnen Klassen wurden im Vorfeld verschiedene Begriffe definiert. Die Definitionen sind dabei nicht abschliessend, sondern eher exemplarisch zu verstehen. Um zu diesem Zeitpunkt den Spielraum zu wahren und die Komplexität gering zu halten, wurde auf eine genauere Umschreibung dieser Begriffe verzichtet:

- **Sehr kleine Bauten:** Schuppen, Gartenhäuser oder Bauten, die ähnlich klein sind und sich in Waldnähe befinden
- **Kleine Bauten:** Einfamilienhäuser, Kleingewerbe, Bauernhöfe
- **Mittelgrosse Bauten:** Mehrfamilienhäuser, Reihenhäuser, öffentliche Gebäude, kleine Hallenbauten
- **Grosse Bauten:** Gebäudekomplexe, Hallenbauten

- **Sehr grosse Bauten:** Grosse Hallenbauten, grosse zusammenhängende Gebäudekomplexe
- **Ländlicher Charakter:** Fläche mit weniger dichter Bebauung (Überbauungsgrad relativ zur Siedlungsfläche kleiner), mässig ausgebauter Infrastruktur, Siedlungsfläche < 90% und eventuell mit land- oder forstwirtschaftlicher Nutzung
- **Städtischer Charakter:** Fläche mit dichter Bebauung (Überbauungsgrad relativ zur Siedlungsfläche grösser), eventuell mit geometrischer Anordnung der Bauten und mit einer gut ausgebauten Infrastruktur
- **Anteil:** Anteil an der Siedlungsfläche

Im Folgenden sind die ursprünglichen 10 Klassen aufgeführt. Die Reduktion auf 7 Klassen ergibt sich durch einfaches Zusammenfassen von Klassen (siehe Tabelle 3.3). In Abbildung 3.3 wird die Situation zusätzlich als Entscheidungsbaum dargestellt, der als Hilfe bei der Klassifizierung der Flächen verwendet werden kann.

- 1) Grundsätzlich unbebaute und unerschlossene Fläche mit höchstens ein bis zwei sehr kleinen alleinstehenden Bauten und vereinzelt Wegen
- 2) Durch ein bis zwei Strassen erschlossene Fläche ländlichen Charakters mit bis zu drei kleineren Bauten und Waldfläche < 75%
- 3a) Erschlossene Fläche ländlichen Charakters mit mehreren kleinen Bauten entlang der Strassen und vereinzelt mittelgrossen Bauten (Siedlungsfläche < 50%)
- 3b) Erschlossene Fläche städtischen Charakters mit mehreren kleinen oder mittelgrossen Bauten (Siedlungsfläche < 50%)
- 3c) Erschlossene Fläche mit ein bis zwei grossen oder sehr grossen Bauten (Überbauungsgrad < 50%)
- 3d) Durch Infrastrukturen geprägte Fläche (Anteil Strassen und Eisenbahn > 50%)
- 4a) Durch kleine Bauten geprägte Fläche (Anteil > 75%) mit ländlichem Charakter (Siedlungsfläche zwischen 50% und 90%)

- 4b) Durch kleine oder durch mittelgrosse Bauten geprägte Fläche (Anteil > 75%) mit städtischem Charakter (Siedlungsfläche > 50%)
- 4c) Fläche mit gemischten Bauten (hauptsächlich kleine und mittelgrosse Bauten) und Siedlungsfläche > 50%
- 4d) Durch grosse oder sehr grosse Bauten geprägte Fläche (Anteil > 50%) mit Überbauungsgrad > 25% oder Fläche mit Altstadtcharakter (Siedlungsfläche > 50%)

Klassennr.	Ursprüngliche Klassen
1	1
2	2
3	3a, 3b
4	3c, 3d
5	4a
6	4b, 4c
7	4d

Tabelle 3.3: Prinzip der Reduktion von 10 Klassen auf 7 Klassen zur qualitativen Beschreibung der Siedlungsstruktur, die auch anhand der Dufourkarte unterschieden werden können.

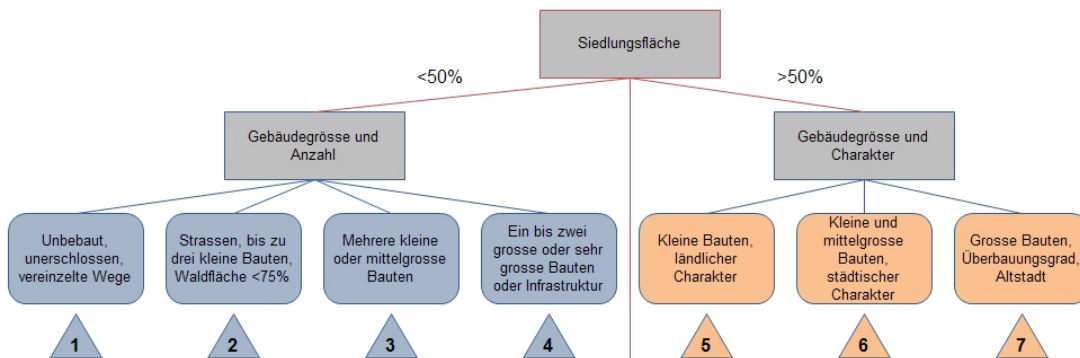


Abbildung 3.3: Verwendetes Entscheidungsschema zur Klassifizierung von Siedlungsstrukturen.

Im Zusammenhang mit Zeitreihen stellt sich auch die Frage, wie sich nun anhand dieser Klassen Veränderungen aufzeigen lassen. Eine bestimmte Fläche wird im Laufe der Zeit verschiedenen Klassen angehören. Interessant ist hierbei der Unterschied zwischen zwei aufeinanderfolgenden Zeitständen; das heisst, welche Klassen folgen direkt aufeinander. Die Anzahl möglicher Kombinationen von so genannten Klassensprüngen ist dabei relativ hoch. Auch

die daraus folgende Frage, welche Sprünge als gleichwertig zu zählen sind bzw. sich allenfalls zusammenlegen lassen, ist nicht einfach zu beantworten, da man dazu den zugehörigen siedlungsstrukturellen Wandel konkret definieren müsste.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde entschieden, eine einfache Differenz aus den Klassennummern zu bilden und die Siedlungsentwicklung auf diese Weise zu quantifizieren. Damit ergeben sich 6 Stufen der Veränderung. Diese werden durch die vier folgenden definierten Stufen ergänzt (auch mit Rücksicht auf die Ausführungen zu Beginn dieses Kapitels), womit sich deren Gesamtzahl auf 10 erhöht:

1. Keine Veränderungen
2. Veränderungen innerhalb der gleichen Klasse mit tendenzieller Zunahme der Baumasse (Neu-, An- oder Ersatzbauten)
3. Veränderungen innerhalb der gleichen Klasse mit tendenzieller Abnahme der Baumasse (Abriss von Gebäuden oder Teilen davon)
4. Abstufung (Wechsel von einer höheren in eine tiefere Klasse)

Die oben aufgeführte Klassenmethode hat mit Rasternetzen relativ gut funktioniert (vgl. nächster Abschnitt). Eine Auswahl solcher Rasterfelder diente auch als Grundlage für die Klassenbildung.

Für den Polygonansatz (ausführlicher unten im entsprechenden Abschnitt) erwies sich das Verfahren jedoch als nicht mehr vollständig anwendbar. Gründe dafür lagen in der unterschiedlichen Ausdehnung der einzelnen Polygone (keine regelmässigen Rasterfelder) sowie bei der Siedlungsfläche, die nicht nur wegweisend für die Klassifizierung ist, sondern gleichzeitig als Grundlage für die Erstellung der Polygone diente. Letzteres hat dazu geführt, dass sich die Anzahl Klassen im Falle der Landeskarte auf die letzten drei reduziert hat.

Demzufolge wurde die Einteilung für den Polygonansatz angepasst und der Überbauungsgrad an Stelle der Siedlungsfläche als wegweisendes Kriterium gewählt. Neu ist auch der Begriff des zusammenhängenden Freiraums. Damit sind offene Flächen gemeint, auf denen keine Bauwerke stehen und die von der Form her „effizient“ sind, also keine Streifen oder Engpässe beinhalten. Die Unterscheidung zwischen ländlichem und städtischem Charakter kommt nicht mehr vor.

Die folgende Auflistung nennt die für den Polygonansatz angepassten sieben Klassen:

- 1) Unbebaute Fläche mit höchstens einigen sehr kleinen Bauten und Überbauungsgrad $< 5\%$
- 2) Durch kleine oder mittelgrosse Bauten geprägte Fläche (Anteil an der gesamten Grundfläche $> 50\%$) und Überbauungsgrad $< 5\%$, oder Fläche mit Überbauungsgrad $< 2\%$
- 3) Durch grosse oder sehr grosse Bauten geprägte Fläche oder Fläche mit gemischtem Charakter und Überbauungsgrad $< 10\%$
- 4) Durch kleine oder mittelgrosse Bauten geprägte Fläche mit grösserem zusammenhängendem Freiraum ($> 20\%$ der Polygonfläche) und Überbauungsgrad $> 5\%$
- 5) Durch grosse oder sehr grosse Bauten geprägte Fläche oder Fläche mit gemischtem Charakter und grösserem zusammenhängendem Freiraum ($> 20\%$ der Grundfläche) sowie Überbauungsgrad $> 10\%$
- 6) Durch kleine oder mittelgrosse Bauten geprägte Fläche ohne grösseren zusammenhängenden Freiraum ($> 20\%$ der Polygonfläche) und Überbauungsgrad $> 5\%$
- 7) Durch grosse oder sehr grosse Bauten geprägte Fläche oder Fläche mit gemischtem Charakter ohne grösseren zusammenhängenden Freiraum ($> 20\%$ der Grundfläche) und Überbauungsgrad $> 10\%$

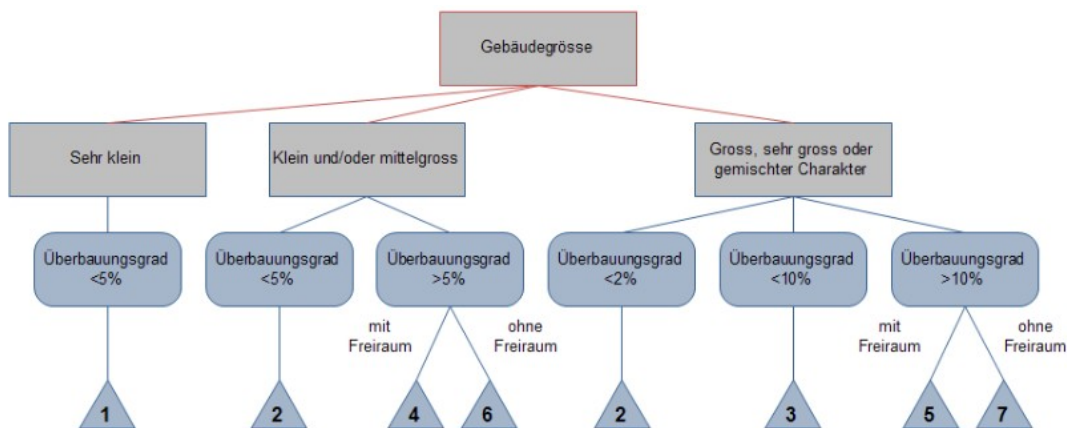


Abbildung 3.4: Für den Polygonansatz angepasstes Entscheidungsschema zur Klassifizierung von Siedlungsstrukturen.

Abbildung 3.4 visualisiert das Klassifikationsverfahren in Form eines Entscheidungsbaumes. Veränderungen werden daraus analog zur ersten Klassenmethode mit Hilfe von Differenzbildung und vier Spezialklassen dargestellt.

Beispiele zu den einzelnen Klassen, Schwierigkeiten bei ihrer Anwendung und andere weitergehende Ausführungen werden für beide Varianten in den folgenden zwei Abschnitten dargestellt.

3.2 Rasternetzansatz

Die erste im Rahmen dieser Arbeit entworfene Variante zur Darstellung der Siedlungsentwicklung geht von einer Unterteilung des Untersuchungsgebietes in regelmässige Rasterfelder aus. Innerhalb dieser Felder können dann Grössen wie Siedlungsfläche, Gebäudezahl oder Überbauungsgrad gemessen und über mehrere Zeitstände verglichen werden. In diesem Fall fallen die Eigenschaften Gebäudedichte und Gebäudezahl zusammen, da die Fläche jedes einzelnen Feldes identisch ist.

Ein ähnliches Konzept verwendet HOFMANN (1998) zur Visualisierung der Nutzungsintensität des Raumes, wo auf einer Karte innerhalb eines Hektarrasters 3 Kategorien der Gebäudevolumendichte (in m^3/ha) unterschieden werden. EWALD (1978) wiederum verwendet eine Hektarrasterfolie, um Veränderungen auf Karten zu messen und zu quantifizieren.

Angefangen bei einem Hektarraster, also einer Rasterweite von 100m, wurden hier auch Rasterweiten von 300m und 200m getestet und die genannten Schlüsselgrössen für jede Fläche abgeschätzt. Die jeweiligen Vor- und Nachteile der Rasterweite werden im folgenden Abschnitt diskutiert. Der übernächste Abschnitt behandelt das konkrete Vorgehen bei der Schätzung und vergleicht die verschiedenen Schlüsselgrössen bezüglich Erfassungsaufwand und Aussagekraft. In diesem Zusammenhang ebenfalls erläutert sind die Erfahrungen mit dem Klassifikationsschema aus dem vorherigen Abschnitt. Am Schluss wird noch auf einige kartografische Aspekte eingegangen.

3.2.1 Rasterweite

Am Beispiel der Churer Altstadt hat sich relativ schnell gezeigt, dass das Hektarraster für eine Messung über verschiedene Kartenwerke ungeeignet ist. Aufgrund der unterschiedlichen Genauigkeit von Dufour-, Siegfried- und Landeskarte, verschieben sich Gebäude und ganze Quartiere trotz Georeferenzierung in benachbarte Rasterfelder. Abbildung 3.5 veran-

schaulicht dieses Problem. In RICKENBACHER (2013) ist denn auch nachzulesen, dass die Lageabweichungen in der Dufourkarte bis zu über 100m betragen können. Des Weiteren sind die Auswirkungen von Schätzfehlern aufgrund der kleinen Feldergrösse nicht unbedeutend. Der grosse Erfassungsaufwand, der hinzu kommt (bis zu 1 Stunde für 20ha), kann durch den Vorteil einer hohen Auflösung nicht wettgemacht werden.

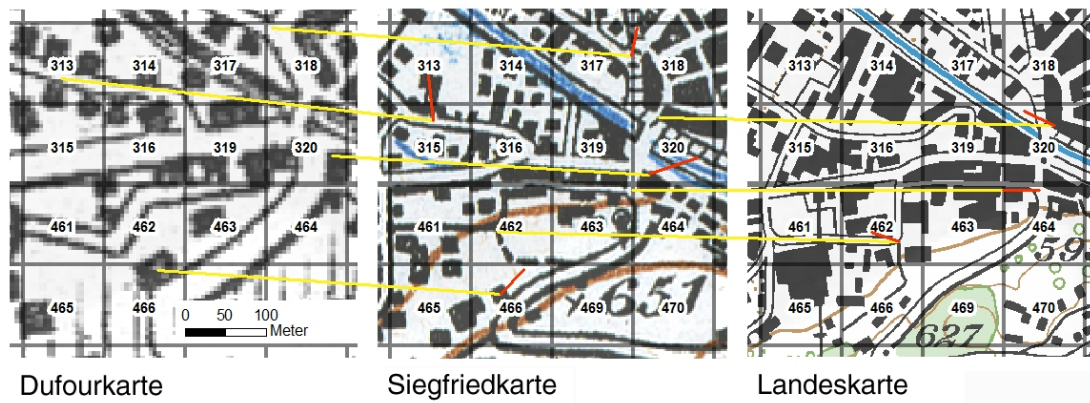


Abbildung 3.5: Kartenverzerrungen (rot) verunmöglichen einen direkten Vergleich im Hektarraster und erschweren die korrekte Abschätzung von Schlüsselgrößen. Die gelben Linien verbinden markante Punkte. Ohne Verzerrungen wären diese überall horizontal und gleich lang.

Aus diesem Grunde wurde entschieden, in einem nächsten Schritt eine Rasterweite von 300m zu testen. Mit vereinheitlichter kartografischer Symbolisierung fallen die meisten Probleme beim Hektarraster zwar weg, doch liegt der Aufwand für eine solche Kartierung weit ausserhalb des Erwünschten (vgl. Abschnitt 2.2.1).

Mit dem 300m Raster konnte eine grössere Fläche in viel kürzerer Zeit kartiert werden. Die Siedlungsstrukturen liessen sich wesentlich besser erfassen und das Problem der Verzerrungen entfiel. Es resultierten Karten, die sehr grob sind und damit nur wenig Aussagekraft besitzen (Abbildung 3.6). Somit bot es sich an, eine mittlere Rasterweite von 200m zu testen.

Für das Gemeindegebiet von Chur ergaben sich mit einem 200m Raster gegen 800 Rasterfelder, die entlang der Gitterlinien der Landeskarte angeordnet wurden. Das mag nach einer hohen Anzahl klingen, jedoch stellen die weiten Waldflächen keinen Aufwand für die Erfassung der Siedlungsentwicklung dar.

Obschon die Verzerrungen wieder besser bemerkbar wurden, erwies sich eine Unterteilung alle 200m als guter Kompromiss zwischen Detailgrad und Erfassungsaufwand. Beispiele für eine Umsetzung mit dieser Rasterweite liefern die Abbildungen im nächsten Abschnitt.

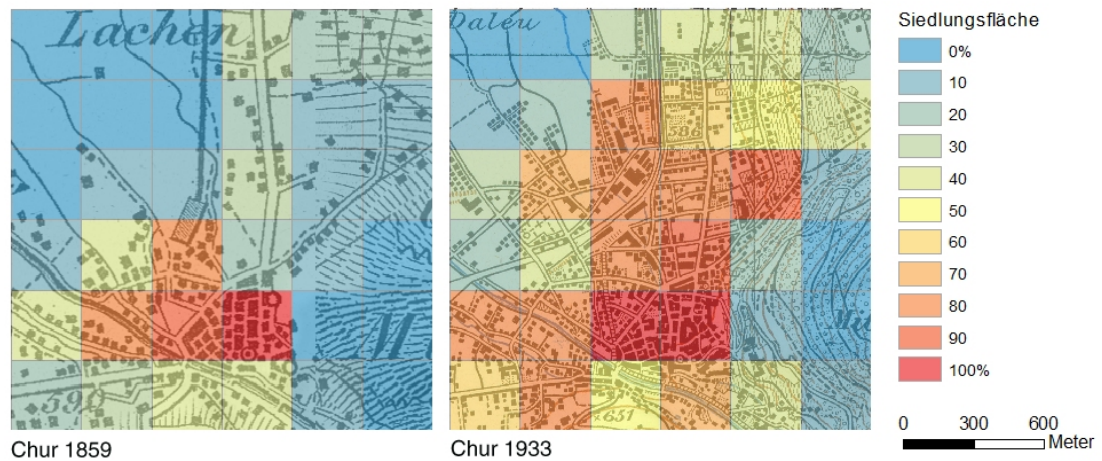


Abbildung 3.6: Siedlungsfläche der Stadt Chur, gemessen in einem Rasternetz mit einer Rasterweite von 300m.

3.2.2 Messung und Aussagekraft der gewählten Grössen

Bereits bei der Verwendung des Hektarrasters fiel auf, dass die Gebäudezahl als Grösse nur eine geringe Aussagekraft besitzt. Sie ist zwar ziemlich einfach zu erheben, jedoch werden damit Einfamilienhäuser gleich gewertet wie grosse Gebäudekomplexe. Das kann zu Resultaten führen, bei denen beispielsweise eine Abnahme der Siedlungsdichte zu verzeichnen ist, wo im Laufe der Zeit mehrere Kleinbauten durch einzelne grosse Gebäude ersetzt wurden. Oder wo ein Einfamilienhausquartier als dichter bebaut gilt, als ein Gebiet mit Wohnblöcken. Ausserdem entspricht im Falle der Dufourkarte aufgrund des kleinen Massstabes nicht jedes kartierte Gebäude auch in der Realität genau einem Bauwerk, sondern es können mehrere Gebäude zusammengefasst worden sein.

Demzufolge beschränkten sich die weiteren Untersuchungen in einem ersten Schritt auf die Siedlungsfläche und den Überbauungsgrad. Später erfolgte aus den gewonnenen Erkenntnissen eine Beschreibung mit Hilfe qualitativer Klassen.

Die Siedlungsfläche konnte für den aktuellen Stand (Landeskarte) mit Hilfe der oben erläuterten Modelle errechnet und für jedes Rasterfeld ihr Flächenanteil automatisch bestimmt werden. In den anderen zwei Zeitständen (Dufour- und Siegfriedkarte), wo keine Vektordaten zur Verfügung standen, wurde die Siedlungsfläche mit Hilfe eines Hilfsschemas (Abbildung 3.7) manuell geschätzt. Ohne sie rechnen und darstellen zu können, war es aber nicht leicht, diese Einschätzung vorzunehmen. Zudem sind aufgrund der unterschiedlichen Kartenmassstäbe die Gebäude je nach Karte zu gross dargestellt, was die Gefahr einer Überschätzung begünstigt.

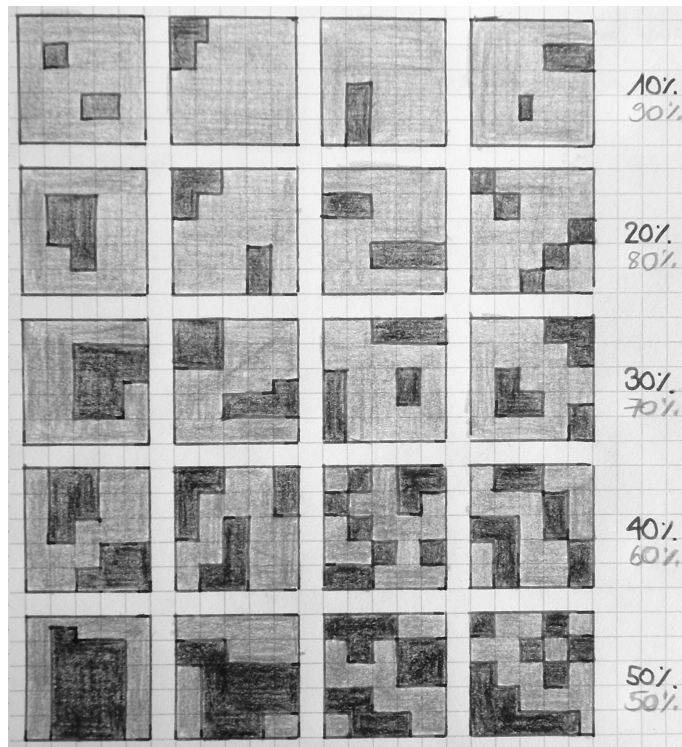


Abbildung 3.7: Verwendetes Hilfsschema zum Abschätzen der Anteile von Siedlungsfläche und Überbauungsgrad an den einzelnen Rasterfeldflächen.

Am erfolgreichsten erwies sich ein stetiger Vergleich mit den aktuelleren Kartenständen, bei dem zunächst versucht wird, die Veränderung zu schätzen. Die Siedlungsfläche für den betrachteten Zustand leitet sich dann daraus ab (veranschaulicht in Abbildung 3.8). Im gleichen Schritt können auch Gebäude, die durch Verzerrungen in ein benachbartes Rasterfeld rutschen, dem richtigen Feld zugeordnet werden.

Ähnliche Probleme ergaben sich mit dem Überbauungsgrad. Insbesondere die nicht flächentreue Darstellung der Gebäudegrundflächen bei der Dufourkarte erschwerte eine korrekte Schätzung. Des Weiteren variiert der Überbauungsgrad zwischen verschiedenen Rasterfeldern viel weniger stark als die Siedlungsfläche und liegt selten über 30%. Die feinere Gliederung der Legende, die dadurch erforderlich wird, verlangt eine entsprechende Messgenauigkeit, die nur schwer zu erreichen ist. Zwar gilt auch hier, dass die Abschätzung durch jeweiligen Vergleich mit dem aktuelleren Kartenstand erleichtert werden kann. Das ist vor allem dann hilfreich, wenn man anhand der VECTOR25-Daten den Überbauungsgrad für den neusten Zustand rechnet und anschliessend davon ausgehend rückwärts kartiert (ähnlich dem Vorgehen von RICKENBACHER (2013)). Dennoch bleibt der Überbauungsgrad eine problematische Grösse.

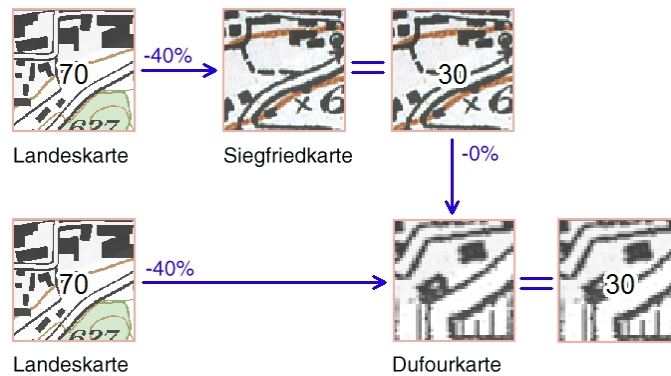


Abbildung 3.8: Prinzip der Grössenschätzung durch rückwärtsbezogene Betrachtung von Veränderungen. Im Beispiel wird ausgehend von der Landeskarte (70% Siedlungsfläche) die Abnahme der Siedlungsfläche im Vergleich zur Siegfriedkarte geschätzt und daraus der gesuchte Wert ermittelt (30%). Mit analogen Vergleichen kann die Siedlungsfläche für die Dufourkarte bestimmt werden.

Abbildung 3.9 vergleicht die Berechnungen von Siedlungsfläche und Überbauungsgrad für Chur im Jahr 2008. Die Legenden wurden dabei so angepasst, dass die Anzahl Kategorien in beiden Fällen gleich und damit ein besserer Vergleich möglich ist. Auffällig sind vor allem die hohen Werte, die von der Siedlungsfläche erreicht werden. Der Überbauungsgrad fällt insbesondere in den Aussenquartieren viel unterschiedlicher aus, womit Aussagen zur Bebauungsdichte eher möglich sind. Die Siedlungsfläche hingegen eignet sich besser, um geschlossene Siedlungsräume und grössere Freiflächen feststellen zu können. Ein grosses Gebäude neben einer un bebauten Wiese führt beispielsweise zu einem hohen Überbauungsgrad, während die Siedlungsfläche gering bleibt. Umgekehrt kann dieser in einem undicht bebauten Einfamilienhausquartier tiefe Werte annehmen, wo die Siedlungsfläche bereits die obere Grenze erreicht.

Die Beschreibung der Siedlungsentwicklung mit Hilfe des oben erläuterten Klassenschemas (Abbildung 3.3) erlaubte eine weniger genaue Schätzung und war diesbezüglich nicht so sehr fehleranfällig. Ausserdem ermöglichte das Schema eine Kombination der oben erwähnten Grössen, womit Siedlungsstrukturen differenzierter erfasst werden konnten. Allerdings tauchten bei der Beurteilung der Rasterfelder auch neue Schwierigkeiten auf. Knackpunkte bildeten die Unterscheidung zwischen ländlich und städtisch oder die Abschätzung der Gebäudegrössen. Letzteres erschwerte beispielsweise die Abgrenzung zwischen den Kategorien 1 und 2. Sprünge der Siedlungsfläche von unter 50% auf über 50% konnten bei grossen Gebäuden eine Differenz von bis zu 3 Klassen ausmachen. Heikel war dieser Umstand vor allem dann, wenn die Siedlungsfläche ungefähr dem Schwellenwert entsprach. In solchen Fällen wurde entschieden, nur bei deutlich sichtbarer Veränderung eine Siedlungsfläche von über 50% anzunehmen.

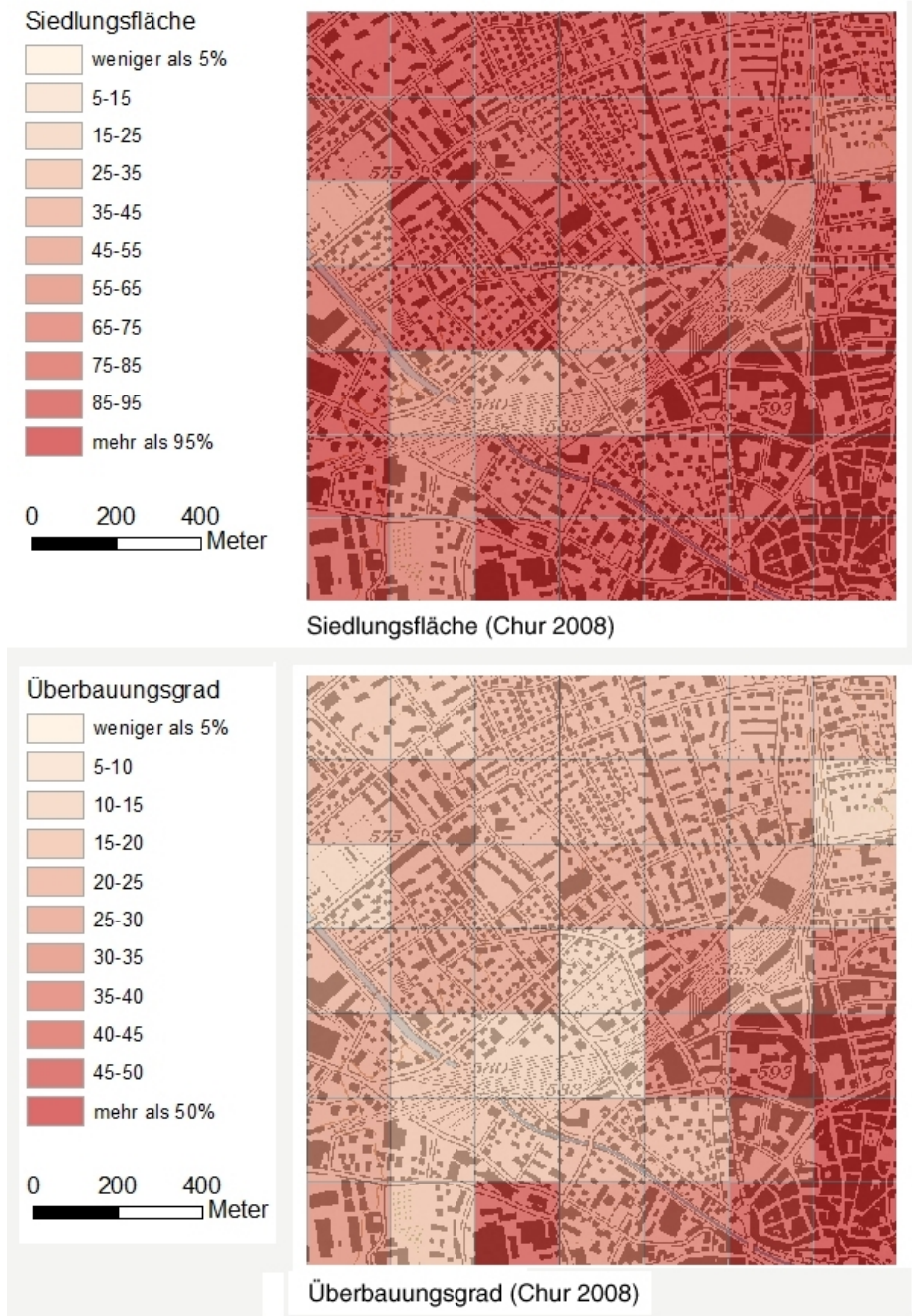


Abbildung 3.9: Direkter Vergleich von Überbauungsgrad und Siedlungsfläche.

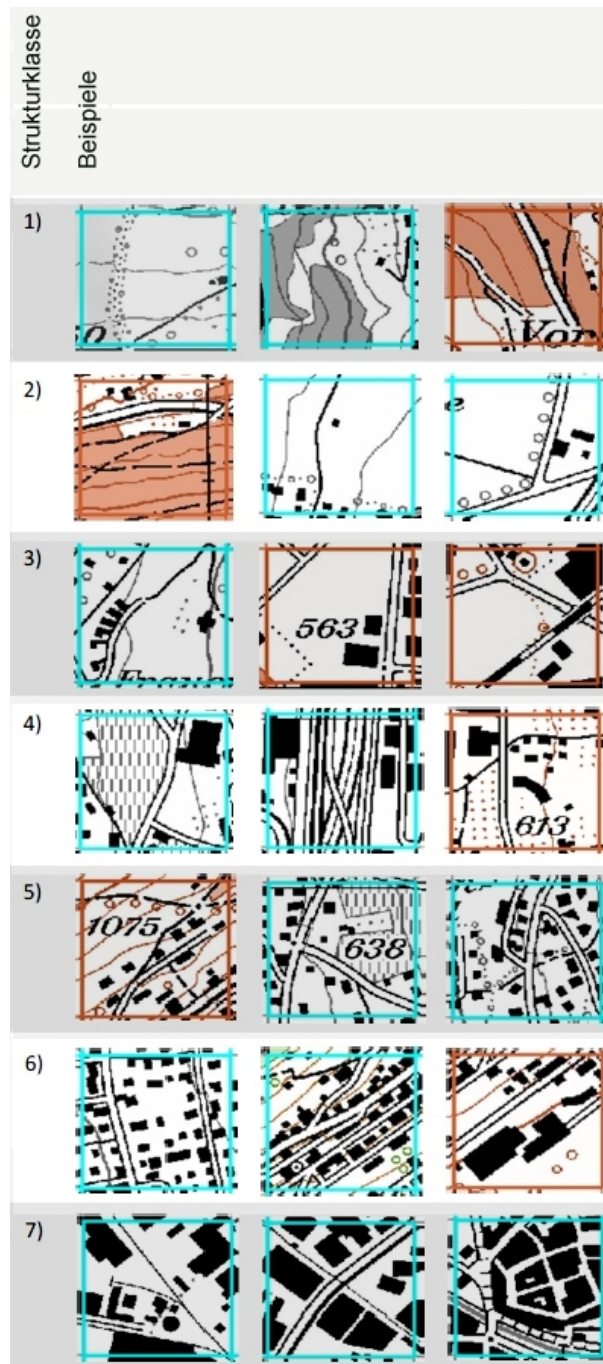


Abbildung 3.10: Beispiele für die Einteilung von Rasterfeldern (200m x 200m) in die einzelnen Kategorien des Klassenschemas. Grenzfälle sind mit roter (statt blauer) Umrahmung hervorgehoben.



Abbildung 3.11: Direkter Vergleich von Siedlungsfläche und Klassenmethode.

Ermessen war auch in Situationen gefragt, wo mehrere kleine Gebäude abgerissen wurden und dadurch der Anteil an grossen Gebäuden die Schwelle von 50% überschritt, ohne dass die Siedlungsfläche unter 50% fiel. Womit ein Feld theoretisch durch diese Abnahme der Baumasse von der 6. Klasse in die 7. Klasse aufsteigen würde.

Trotz dieser Unschönheiten zeigte sich das Klassenschema in Chur wie in Les Ponts-de-Martel als anwendbar. Voraussetzung sind die Fähigkeit des Kartografen, unklare Zuordnungen beurteilen zu können sowie genügende Erfahrung beim Erkennen ähnlicher Siedlungsstrukturen. Abbildung 3.10 zeigt einige Beispiele möglicher Einteilungen, wobei Grenzfälle farblich hervorgehoben wurden.

Der Aufwand der Klassifizierung lag pro Zeitstand durchschnittlich bei etwa 1 Stunde für 80 Rasterfelder und ist damit vergleichbar mit jenem bei der Schätzung von Siedlungsfläche oder Überbauungsgrad. Dabei ist anzumerken, dass die Auswertung mit zunehmendem Alter der Karte tendenziell schneller voran geht, da in der Vergangenheit weniger Siedlungen als heute vorhanden waren und es somit weniger Flächen zu beurteilen gibt.

Die Gegenüberstellung des Ergebnisses aus der Klassenmethode mit der Beschreibung anhand der Siedlungsfläche zeigt für das vorliegende Beispiel (Abbildung 3.11) zwei einander sehr ähnliche Ergebnisse. Diese Korrelation ist nicht weiter verwunderlich, wenn man in Betracht zieht, dass die Klassenmethode die Siedlungsfläche als Beurteilungskriterium herbeizieht. Weil im vorliegenden Beispiel die Siedlungsfläche mit 11 anstatt 7 Kategorien wie bei der Klassenmethode dargestellt wird, fallen die Abstufungen etwas feiner aus, insbesondere wo es sich um dicht besiedelte Gebiete mit ländlichem Charakter (Klasse 5) handelt. In jedem Fall sagt die Klassenmethode etwas mehr über die Grösse der Gebäude und den Charakter der Siedlung aus; eine Information, welche die Siedlungsfläche nicht wiedergeben kann.

3.2.3 Darstellung von Veränderungen

Welche Arten von Veränderungen anhand der gemessenen Grössen dargestellt werden können, wurde zu Beginn dieses Kapitels bereits diskutiert. Nun soll an dieser Stelle die Legende und kartografische Gestaltung genauer betrachtet werden.

Zur Visualisierung der Siedlungsflächenzunahme, die sich aus einer Differenz der in Prozent gemessenen Siedlungsfläche in zwei nachfolgenden Zeitständen ergibt, eignet sich beispielsweise eine Gliederung in 10%-Schritten. Diese garantiert eine gute Auflösung und entspricht der maximal erreichbaren Schätzgenauigkeit. Denkbar wäre aber auch eine Unterteilung in 20%-Schritten, um den Einfluss von Schätzfehlern zu verringern und die Anzahl Klassen

gering zu halten (Abbildung 3.12). Für den Überbauungsgrad hingegen ist eine Gliederung in 5%-Schritten nahezu zwingend, da ansonsten kaum Unterschiede ausgemacht werden können. Dafür reicht es, wenn die Skala nur bis 50% geht und für grössere Werte lediglich eine statt mehrere Klassen definiert wird. In den geprüften Gemeinden lag der Überbauungsgrad selten über 50%.

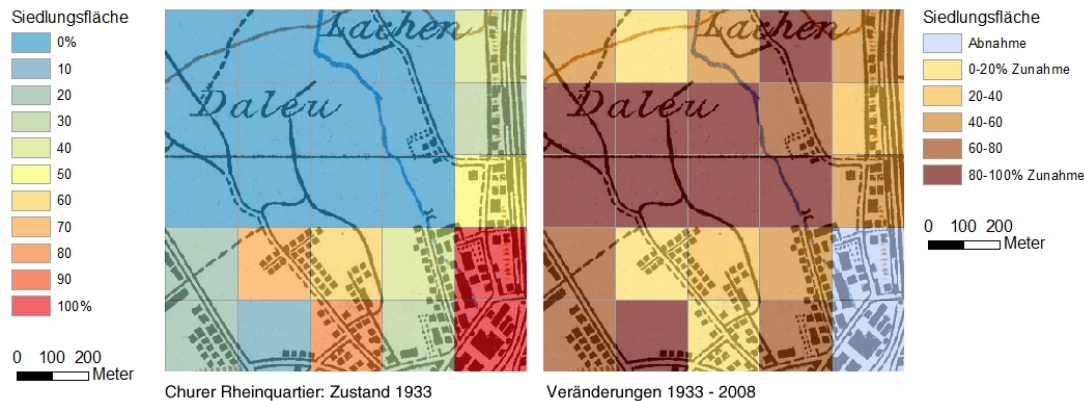


Abbildung 3.12: Zunahme der Siedlungsfläche zwischen 1933 (links) und 2008 (rechts) im Churer Rheinquartier.

Abnahmen der beiden Grössen sind eher rar und fallen in ihrer Grössenordnung meistens gering aus. Daher empfiehlt es sich, für negative Differenzen keine Gliederung in %-Schritten vorzunehmen, sondern alle Fälle einer einzigen Klasse zuzuordnen.

Im Falle der Strukturbeschreibung mit Klassen wurden 10 Stufen der Veränderung definiert (Abschnitt 3.1). Diejenigen 6 davon, die einem Wechsel von einer tieferen in eine höhere Klasse entsprechen, können wie im Falle der Siedlungsfläche oder dem Überbauungsgrad quantitativ differenziert werden (gleicher Farbton in unterschiedlichen Helligkeitsabstufungen). Die anderen vier Klassen sind davon jedoch qualitativ zu unterscheiden (andere Farbtöne). Ein Beispiel für diese Darstellungsart zeigt Abbildung 3.13.

Was die Basiskarte bei der kartografischen Visualisierung von Veränderungen angeht, so hat sich gezeigt, dass anders als bei der flächenbezogenen Variante „neue Siedlungsbereiche auf mehreren Karten“, die Veranschaulichung am besten gelingt, wenn die Karte des jeweils älteren Standes als Basiskarte verwendet wird. Also sollte beispielsweise die Dufourkarte beim Beschrieb des Wandels vom 19. ins 20. Jahrhundert hinterlegt werden und nicht die Siegfriedkarte. Dies unterstützt den Betrachter insofern, als dass er von einem Ausgangszustand ausgehen und gleichzeitig die später stattgefundenen Veränderungen dort verorten

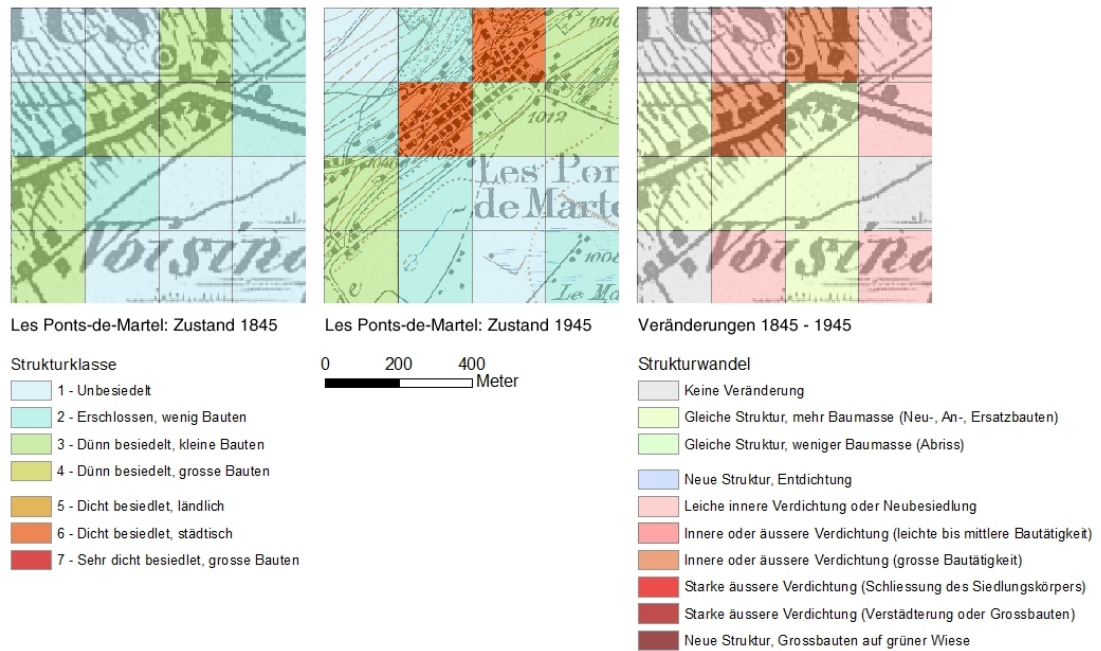


Abbildung 3.13: Beschreibung der siedlungsstrukturellen Veränderung im Zentrum von Les Ponts-de-Martel zwischen 1845 und 1945 mit Hilfe qualitativer Klassen. Zur Veranschaulichung sind die kompletten Legenden dargestellt, auch wenn gewisse Kategorien im Ausschnitt nicht enthalten sind.

und quantifizieren kann. Wenn der Endzustand im gleichen Kartenausschnitt beigelegt wird, lassen sich Unterschiede durch einfachen Vergleich veranschaulichen.

3.3 Polygonansatz

Eine ganz andere Variante als der Rasternetzansatz beruht auf der Unterteilung des Siedlungsgebietes in Polygone. Eine ähnliche Methode verwenden HECHT et al. (2010), die sogenannte Baublöcke definieren, welche verschiedenen Stadtquartieren entsprechen. Diese werden durch Strassen oder ausserhalb der Stadt durch die Grundstücksgrenzen abgegrenzt. Da einerseits die Information über die Grundstücksgrenzen einer Gemeinde jedoch nicht so leicht in vektorisierter Form zu erhalten ist, wie die Daten aus dem VECTOR25-Datensatz, und andererseits grosse Grundstücke in ländlichen Gebieten ungeeignet für eine Abgrenzung von Quartieren sind, wurde im folgenden Abschnitt eine eigene Definition für die Polygone hergeleitet. Im Anschluss fand damit wie beim Rasteransatz der Versuch statt, die Siedlungsentwicklung mit verschiedenen Grössen darzustellen.

3.3.1 Quartierabgrenzung

Als Ausgangspunkt für die Polygonbildung diente die Siedlungsfläche im aktuellsten Zeitstand. Weil die eigene Definition suboptimal war, wurde an dieser Stelle auf die Siedlungsfläche der Swisstopo aus dem VECTOR25-Datensatz zurückgegriffen (Layer Primärflächen). Es stellte sich sodann heraus, dass diese besonders geeignet war, da die Flächen weitgehend geschlossen und keine grossen Lücken vorhanden sind. Durch das Fehlen von Artefakten, wie sie bei der eigenen Berechnung aufgetaucht sind, wurden auch mögliche Schwierigkeiten im späteren Verlauf dieses Versuchs umgangen.

Die Unterteilung der Siedlungsfläche geschah innerhalb von ArcGIS durch Trennung entlang der Strassen, die der VECTOR25-Datensatz als vektorisierte Linien zur Verfügung stellte. Für eine Stadt wie Chur genügte es dabei, die Strassen 1. und 2. Klasse sowie die Quartierstrassen (nach Klassifikation der Swisstopo (SWISSTOPO, 2011)) zu berücksichtigen. Letztere haben dabei die gleiche Mindestbreite wie die Strassen 2. Klasse. Hätte man hier auch die schmälere Strassen (3. Klasse oder höher) herbeigezogen, so wäre die Siedlungsfläche stellenweise in viele kleine Polygone unterteilt worden, was für die spätere Arbeit viel Aufwand bedeutet und letztlich zu einem unruhigen Kartenbild geführt hätte.

Im Falle des ländlichen Les Ponts-de-Martel jedoch, mussten zusätzlich auch die Strassen 3. und 4. Klasse verwendet werden, da aufgrund der weniger gut ausgebauten Wege die Siedlungsfläche ansonsten zu wenig gegliedert gewesen wäre. Die Polygone hätten nur unzureichend den vorhandenen Quartierstrukturen entsprochen.

Zusätzliche denkbare Trennungen sind solche entlang von Eisenbahnlinien oder Fliessgewässern. Erstere haben jedoch bei Nidau gezeigt, dass ungünstige Polygone resultieren können, beispielsweise wenn die Bahnstrecke neben einer Strasse verläuft und diese später schneidet. Bei Fliessgewässern lohnt sich aufgrund ähnlicher Überlegungen nur die Berücksichtigung von Wasserstrassen mit einer gewissen Breite. Diese sind in der Regel aber ohnehin nicht Bestandteil der Siedlungsfläche. Demzufolge genügt es, sich auf die Strassen zu beschränken.

Nachdem die Siedlungsfläche wie oben beschrieben unterteilt worden war, galt der nächste Schritt der Bereinigung dieser Polygonfläche. Weil die Grenzen der Siedlungsfläche nicht exakt entlang der Strassen verlaufen, sondern etwas ausserhalb, entstand an den Siedlungsrändern eine ganze Reihe von grossen Polygonen, die durch schmale Streifen zusammengehalten wurden. Fliessende Übergänge von breite in schmale Strassen, die zu unerwünschten Sackgassen führen können, begünstigten überdies die Bildung solch grosser Polygone (Abbildung 3.14).

Darüber hinaus entstanden bei Verkehrskreiseln oder in den alten Dorfkernen Polygone mit sehr kleiner Grundfläche.



Abbildung 3.14: Unerwünschte Ergebnisse nach Unterteilung der Siedlungsfläche. Links: Fehlende Unterteilung bei Sackgassen. Mitte und rechts: Grosse Polygone mit schmalen Streifen.

Da es sehr schwierig sein dürfte, solche Artefakte automatisch zu beseitigen, wurde beschlossen, die Säuberung manuell durchzuführen. Abbildung 3.15 veranschaulicht einige dieser Eingriffe. Dabei waren hauptsächlich folgende Arbeitsschritte relevant:

- Aufteilen allfälliger Polygone, die nicht zusammenhängend sind, mit dem Tool *Multi-part to Singlepart*
- Ausfindigmachen grosser Polygone an den Rändern der Siedlungsfläche und deren Zerschneiden an der schmalsten Stelle und entlang von Sackgassen
- Detektion von Polygonen mit Fläche kleiner als 5000m^2 oder Verhältnis zwischen Fläche und Umfang kleiner 7. Diese sind je nach Lage mit benachbarten Polygonen zusammenzuführen (*Merge-Funktion*), zu löschen oder (wie im Falle von Strassenkreisel) auf die angrenzenden Quartiere zu verteilen.
Beim Zusammenführen ist insbesondere in alten Stadtkernen deren Charakter zu berücksichtigen, soweit er sich aus der Landeskarte herauslesen lässt.

Der Aufwand für diese manuelle Bearbeitung betrug für Chur 2 Stunden (222 Polygone) und für Les Ponts-de-Martel wie auch für Nidau 30 Minuten (34 bzw. 59 Polygone).



Abbildung 3.15: Beispiele für eine manuell durchgeführte Bereinigung der Polygonflächen. Links: Rohzustand. Rechts: Bearbeitetes Resultat.

3.3.2 Umsetzungen

Analog zum Rasternetzansatz galt es nun, in den einzelnen Polygonflächen Schlüsselgrößen zur Beschreibung der Siedlungsstruktur zu messen. Weil im Unterschied zur Rasterunterteilung hier aber die Siedlungsfläche als Grundlage für die Flächen- bzw. Polygonbildung diente, wurde entschieden, die Untersuchungen auf die Beschreibung mit Klassen sowie auf den Überbauungsgrad zu beschränken.

Zuerst fand die erste (für den Rasternetzansatz entworfene) Klassenmethode auf Chur und Les Ponts-de-Martel Anwendung, auch zu Vergleichszwecken mit dem Rasternetzansatz (der Aufwand hierfür lag ungefähr in der Grössenordnung des Aufwands für die Polygonbereinigung). Dabei konnte man feststellen, dass bei langen oder grossflächigen Polygonen im Gegensatz zu den regelmässigen Rasterfeldern ein gemischter Charakter möglich ist, der sich nicht vollständig mit den vorhandenen Klassen beschreiben lässt. Dieser entsteht vor allem

durch die grosszügige Auslegung der Siedlungsfläche, die somit auch grosse unbebaute Gebiete enthalten kann (darunter auch Friedhöfe oder Sportplätze). Kleine Polygone mit einem einzelnen Gebäude beispielsweise wurden genauso zu hoch klassiert, da die Siedlungsfläche als eines der Hauptkriterien bei der Messung galt. Beispiele für solche Polygone sind in Abbildung 3.16 zu sehen.

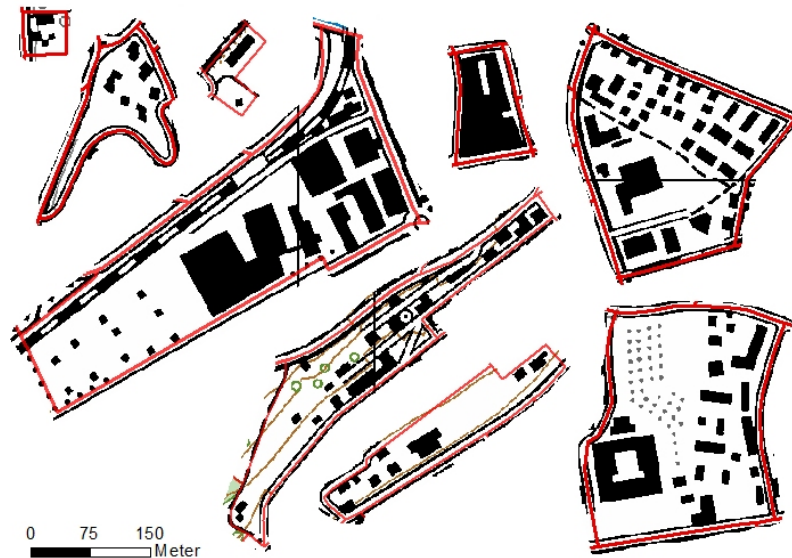


Abbildung 3.16: Die Vielfalt an unterschiedlichen Polygonen in Form und Grösse erschwert eine Beschreibung mit qualitativen Klassen.

Weitere Punkte betrafen die erschwerte Unterscheidung zwischen städtischem und ländlichem Charakter aufgrund im Vergleich zu den Rasterfeldern tendenziell dichter bebauten Polygonen, die fehlende Aussagekraft des Kriteriums der Anzahl Gebäude wegen variierender Grösse der Polygonflächen sowie das Wegfallen des Erschliessungs-Kriteriums (Polygone enthalten meistens keine Strassen).

Demzufolge musste für den Polygonansatz eine zweite Klassenmethode entwickelt werden (vgl. Abschnitt über Strukturklassen). Diese basiert nicht mehr auf der Siedlungsfläche, sondern konzentriert sich auf den Überbauungsgrad und die Gebäudegrösse.

Da sich der Überbauungsgrad als problematische Grösse herausgestellt hat (siehe Abschnitt Rasternetzansatz), wurde die zweite Klassenmethode nur innerhalb der Gemeinde Nidau getestet, wo aufgrund der verfügbaren Daten der Überbauungsgrad in jedem Polygon für alle drei Zeitstände automatisch berechnet werden konnte. Hierbei zeigte sich, dass man mit etwas Übung und durch Vergleich mit Musterbeispielen Unterschiede im Überbauungsgrad

von 5% problemlos von Auge feststellen kann. Schwierigkeiten bereiteten hauptsächlich die Beurteilung des Freiraums sowie der Umgang mit sogenannten Grenzfällen. Wie bei der ersten Klassenmethode war in solchen Fällen pragmatisches Abschätzen gefragt.

Die Abbildungen 3.17 und 3.18 stellen die Siedlungsentwicklung von Nidau zwischen 1874 und 1946 mit Hilfe des Polygonansatzes dar, einmal mit qualitativen Klassen und einmal anhand des Überbauungsgrades. Der Eindruck, der dabei entsteht, ist in beiden Fällen relativ ähnlich. Betrachtet man aber beispielsweise das grosse Polygon in Seenähe, so stellt man fest, dass die Zunahme des Überbauungsgrades bei grösseren Polygonen trotz hoher Bautätigkeit eher tief ausfallen kann.

Generell ist es bei der Messung von Schlüsselgrössen innerhalb von Polygonen wichtig, den ständigen Vergleich mit dem aktuellsten Zustand zu machen, da sich die Polygongrenzen auf das dortige Strassennetz beziehen. Aufgrund dieses Umstandes fällt der Vergleich mit älterem Kartenmaterial einfacher als mit Rasterfeldern, da die wichtigsten Strassen auch in der Dufour- und Siegfriedkarte erfasst sind. Bei der späteren kartografischen Darstellung können jedoch aufgrund der dortigen Verzerrungen keine Basiskarten verwendet werden; Polygongrenzen und Strassenlinien würden nicht zusammenfallen und sich gegenseitig im Weg stehen.

3.4 Kartografische Visualisierung

Wie man bereits vermuten kann, lässt sich bei den beiden vorgestellten Varianten zur Darstellung der Siedlungsentwicklung (Rasternetz- und Polygonansatz) nur mit mehreren Karten arbeiten, die nebeneinander angeordnet werden müssen. Es ist nicht ohne Weiteres möglich, mehrere Entwicklungsphasen auf einer einzigen Karte darzustellen.

Die anschaulichsten Ergebnisse bei Polygonkarten ergeben sich, wenn man die Karten auf die nötigsten Elemente reduziert. Die dezente Abbildung von Relief und Landschaftselementen wie Waldflächen oder Fliessgewässer im Hintergrund helfen dem Betrachter sich zu orientieren, ohne den Fokus von der Siedlungsentwicklung abzulenken. Im Falle von Rasternetzkarten sollten jedoch Basiskarten in Kombination mit dem Relief verwendet werden, da die Rasterfelder an sich, im Gegensatz zu den Polygonen, keine Siedlungsformen festhalten. Wie oben beim Rasternetzansatz dargelegt, macht es dabei am meisten Sinn, den jeweils älteren Stand als Basiskarte für eine Entwicklungsphase zu verwenden.

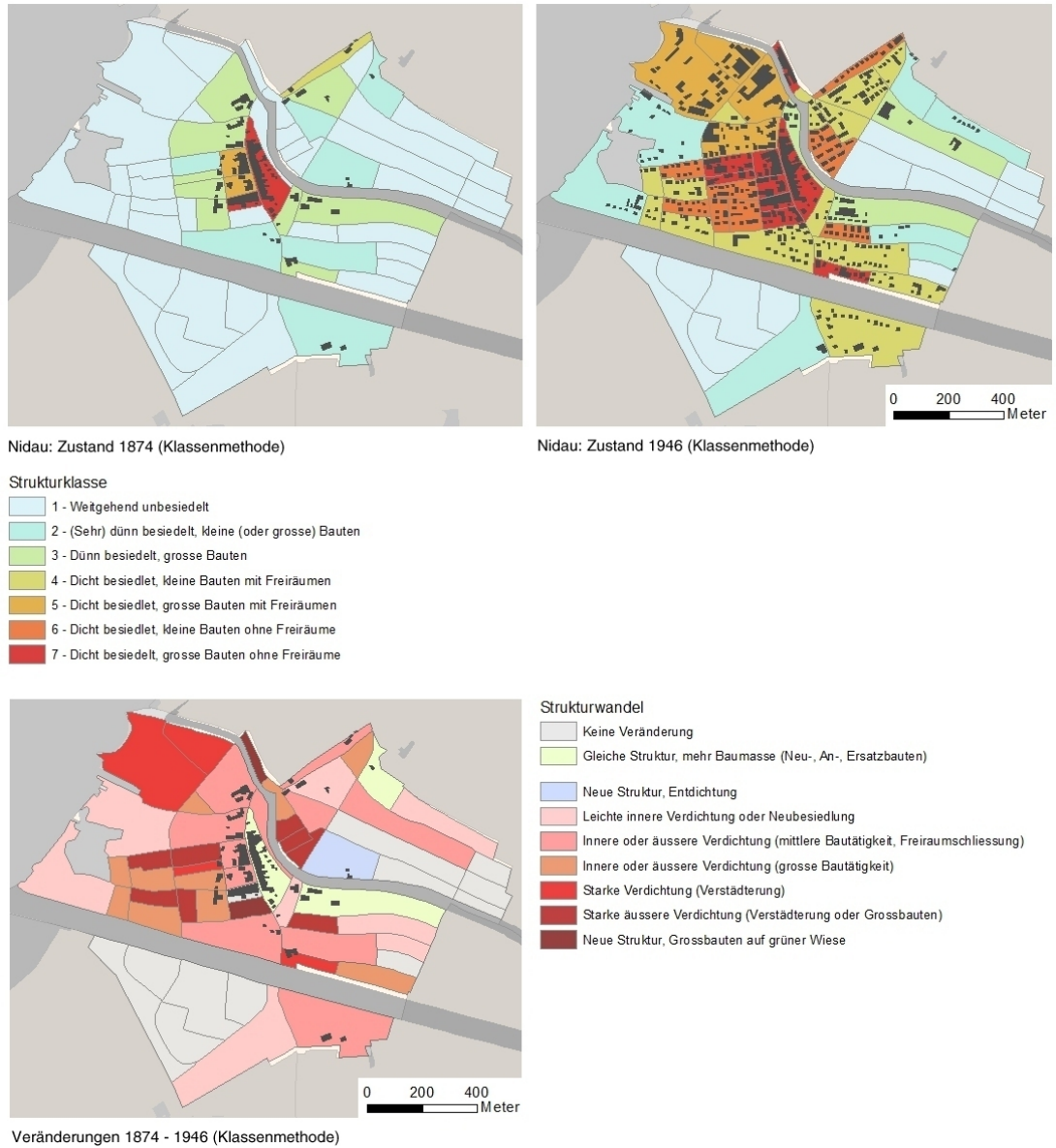


Abbildung 3.17: Beschreibung der Siedlungsentwicklung von Nidau zwischen 1874 (links) und 1946 (rechts) mit Polygonen und anhand qualitativer Klassen. Die Karte unten zeigt die Veränderungen.



Abbildung 3.18: Beschreibung der Siedlungsentwicklung von Nidau zwischen 1874 (links) und 1946 (rechts) mit Polygonen anhand des Überbauungsgrades. Die Karte unten zeigt die Unterschiede.

Am schwierigsten war es, sinnvolle Farben für die Legenden in der Beschreibung der Siedlungsentwicklung mit qualitativen Klassen zu wählen. Schliesslich wurde eine Variante gewählt, die sich an folgenden Grundsätzen orientiert (wobei jedoch nicht alle gleichzeitig zufriedenstellend umgesetzt werden konnten):

- Dunkle Farbtöne für die Darstellung von dicht bebauten Gebieten, helle Farbtöne für weniger dicht bebaute Gebiete
- Hervorhebung der Zweiteilung in den Entscheidungsschemata (gewissermassen die Grenze zu einer geschlossenen Siedlung) durch Unterscheidung von kalten und warmen Farbtönen
- Benachbarte Klassen liegen auch auf dem Farbkreis nebeneinander
- Farbtöne konkurrieren nicht mit dem Hintergrund
- Die einzelnen Klassen sind auf der Karte deutlich voneinander unterscheidbar

Dabei ist die Wirkung im Rahmen dieser Arbeit nur am Bildschirm geprüft und nicht für den Ausdruck optimiert worden.

Um zum Schluss die dargestellten Veränderungen zu quantifizieren und in einen grösseren Kontext zu stellen bzw. eine ursächliche Sichtweise zu ermöglichen, sollten die Karten in knapper Form mit sozioökonomischen Statistiken und historischen Informationen ergänzt werden (vgl. historische und statistische Ausführungen im letzten Kapitel). Wird dabei Bezug auf eine bestimmte Gemeinde genommen, kann es sinnvoll sein, innerhalb der Karte die Gemeindegrenzen hervorzuheben.

Aus Platzgründen konnten im Rahmen dieses Berichts keine vollständigen Karten abgebildet werden. Die in den Abbildungen dargestellten Ausschnitte sind häufig exemplarisch gedacht und somit vereinfacht dargestellt, folgen aber soweit möglich den hier beschriebenen Prinzipien.

3.5 Vergleich und Bewertung

Ein direkter Vergleich der zwei entworfenen Methoden (Rasternetz- und Polygonansatz) am Beispiel von Chur verdeutlicht die Unterschiede im Endergebnis (Abbildung 3.19). Der Polygonansatz führt zu einem natürlichen und organischen Bild, während das Rasternetz abstrakt und schematisch wirkt. Vergleicht man die Darstellungen mit den historischen und statistischen Ausführungen in Abschnitt 2.3, so können in beiden Fällen die beschriebenen Entwicklungen vom Betrachter erfasst und verortet werden (wenn auch nur in groben Zügen). Konkret in dieser Zeitspanne beispielsweise die Verdoppelung der Gebäudeanzahl, die Errichtung grosser Wohnblock-Bebauungen im Rheinquartier oder die Entstehung moderner Gewerbebauten in der Innenstadt.

Die Polygone führen zwar insgesamt zu einem anschaulicheren Kartenbild, das Fehlen von Gebäuden hinterlässt jedoch einen etwas blassen Eindruck. Zumindest ein Ausschnitt aus der Landeskarte müsste das Kartenpaar ergänzen. Der Messvorgang, welcher der kartografischen Visualisierung vorausgeht, womit die Erfassung der Schlüsselgrössen oder Klassen gemeint ist, kommt im Rasternetzansatz durch die Regelmässigkeit der Rasterfelder besser zum Ausdruck.

Was den Aufwand der Datenerhebung angeht, so schneidet der Polygonansatz aufgrund der geringeren Anzahl der zu bewertenden Flächen besser ab. Allerdings muss hierbei auch das aufwändige manuelle Nacheditieren der Polygone mitberücksichtigt werden. Die Rasterfelder sind im Gegensatz sehr schnell generiert, womit die totalen Zeitkosten für den Polygonansatz höher liegen als jene für den Rasternetzansatz. Was die Datenerhebung betrifft, so gibt es vor allem bei der Beschreibung der Siedlungsentwicklung mit qualitativen Klassen einen Unterschied. Durch Verwendung des schwer zu schätzenden Überbauungsgrades als Messgrösse (Polygonansatz, zweite Klassenmethode) fällt eine Klassifizierung schwerer als mit der Siedlungsfläche (Rasternetzansatz, erste Klassenmethode). Die Abbildungen 3.19 und 3.20 zeigen jedoch, wie die erste Klassenmethode auch im Polygonansatz gute Ergebnisse liefern und entsprechend angewendet werden kann. Der einzige Nachteil der Methode besteht in der Beschreibung der Siedlungsstrukturen in aktuelleren Zeitständen, wo sich die Anzahl möglicher Klassen aufgrund des jeweils hohen Siedlungsflächenanteils von über 50%, von 7 auf 3 reduziert (vgl. Herleitung der Strukturklassen). Zum Schluss kann man in Abbildung 3.20 anhand des Moorgebiets feststellen, dass die dortigen Veränderungen nur mit dem Rasternetzansatz zu erkennen sind, da sich die den Polygonen zugrunde liegende Siedlungsfläche auf den grösseren Siedlungskörper beschränkt.

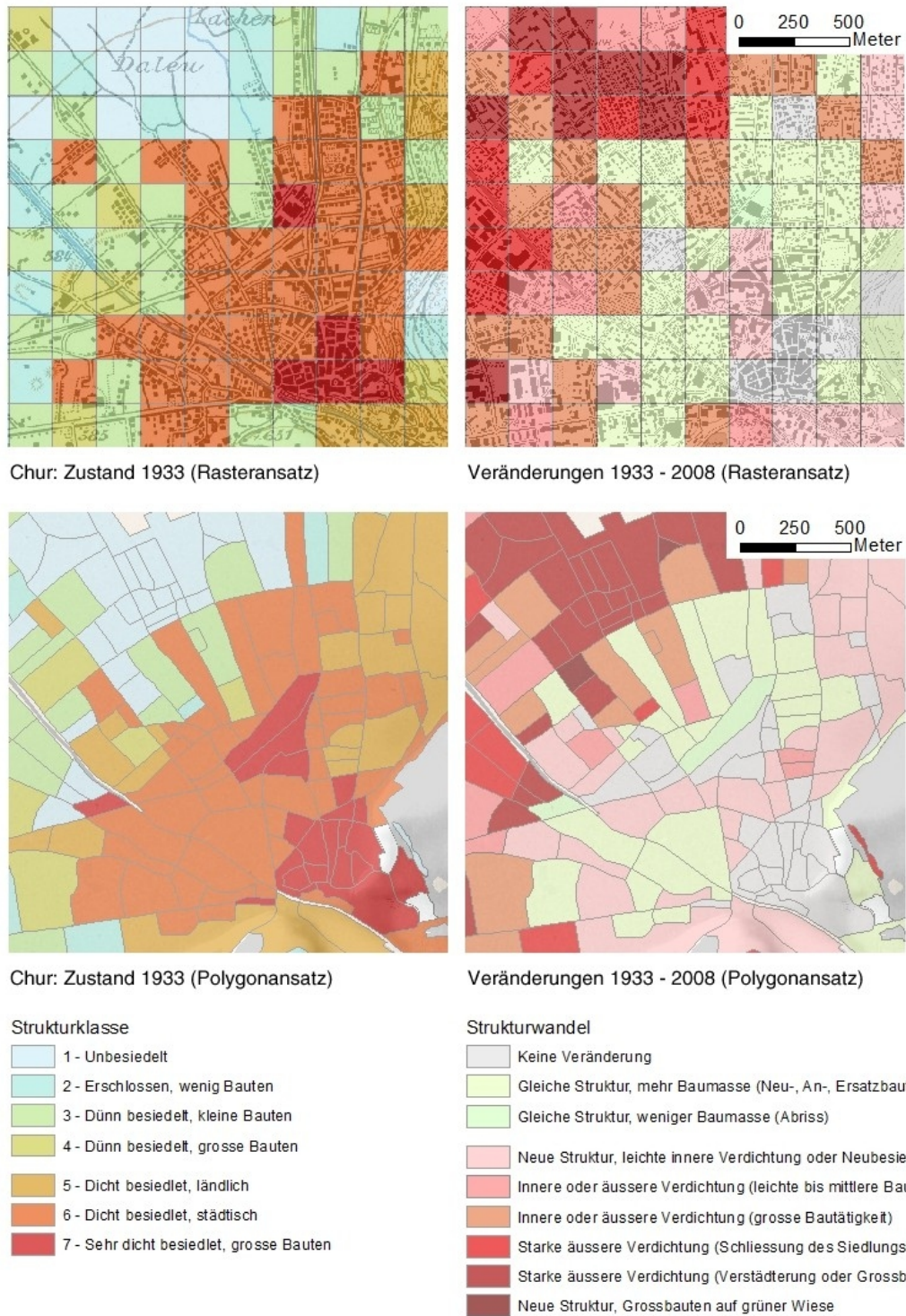
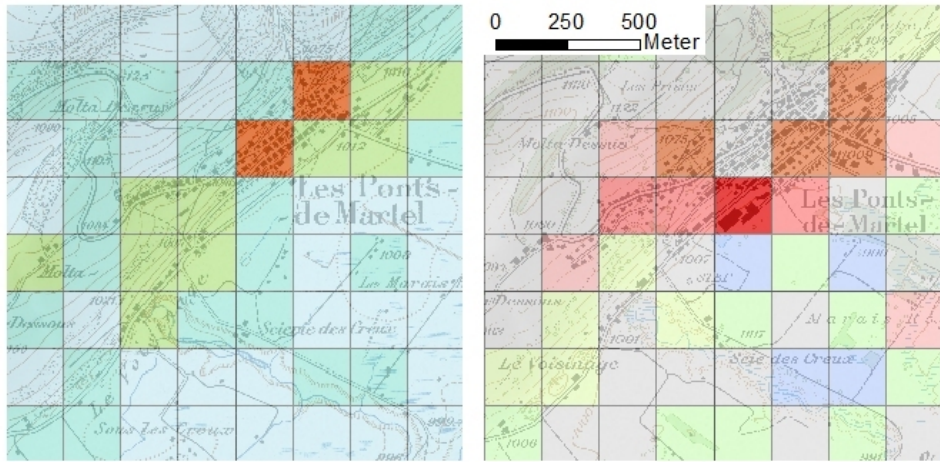
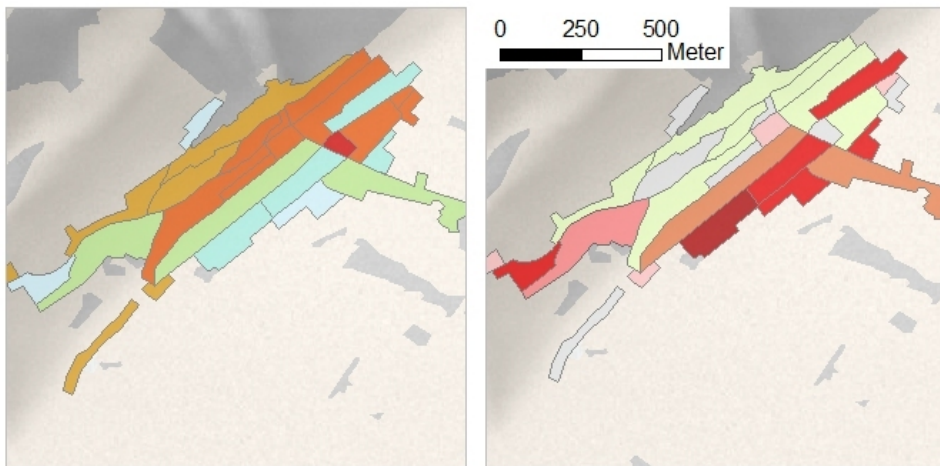


Abbildung 3.19: Gegenüberstellung von Rasteransatz (oben) und Polygonansatz (unten): Darstellung der Siedlungsentwicklung von Chur zwischen 1933 und 2008 mit Hilfe qualitativer Klassen. Links: Zustand 1933. Rechts: Veränderungen von 1933 bis 2008.



Les Ponts-de-Martel: Zustand 1945

Veränderungen 1945 - 2011 (Rasteransatz)



Les Ponts-de-Martel: Zustand 1945

Veränderungen 1945 - 2011 (Polygonansatz)

Strukturklasse

- 1 - Unbesiedelt
- 2 - Erschlossen, wenig Bauten
- 3 - Dünn besiedelt, kleine Bauten
- 5 - Dicht besiedlet, ländlich
- 6 - Dicht besiedlet, städtisch
- 7 - Sehr dicht besiedlet, grosse Bauten

Strukturwandel

- Keine Veränderung
- Gleiche Struktur, mehr Baumasse (Neu-, An-, Ersatzbauten)
- Gleiche Struktur, weniger Baumasse (Abriss)
- Neue Struktur, Entdichtung
- Leichte innere Verdichtung oder Neubesiedlung
- Innere oder äussere Verdichtung (leichte bis mittlere Bautätigkeit)
- Innere oder äussere Verdichtung (grosse Bautätigkeit)
- Starke äussere Verdichtung (Schliessung des Siedlungskörpers)
- Starke äussere Verdichtung (Verstädterung oder Grossbauten)

Abbildung 3.20: Gegenüberstellung von Rasteransatz (oben) und Polygonansatz (unten): Darstellung der Siedlungsentwicklung von Les Ponts-de-Martel zwischen 1945 und 2011 mit Hilfe qualitativer Klassen. Links: Zustand 1945. Rechts: Veränderungen von 1945 bis 2011.

Verglichen mit den bisherigen Ansätzen zur Visualisierung der Siedlungsentwicklung, bieten beide Verfahren eine gute Möglichkeit, Siedlungsstrukturen und ihre Veränderungen auf Basis von Kartenmaterial umfassend, versiert und mit vertretbarem Aufwand zu erfassen. Es kann jedoch nicht gesagt werden, dass der Rasternetzansatz besser ist als der Polygonansatz oder umgekehrt. Beide haben ihre Vor- und Nachteile, die je nach Situation gegeneinander abzuwägen sind. Zusammenfassend sind die Erkenntnisse aus den Vergleichen in Tabelle 3.4 stichwortartig aufgelistet.

	Rasternetzansatz	Polygonansatz
Erscheinungsbild	Abstrakt, schematisch	Natürlich, organisch
Basiskarte	Immer möglich	Nur mit Vektordaten
Flächenbildung	Einfach	Aufwändig
Anzahl zu bewertender Flächen	Hoch	Mittelhoch
Schwierigkeitsgrad der Bewertung	Konstant, mittelhoch	Variabel, stellenweise hoch
Mögliche Grössen	Siedlungsfläche, Überbauungsgrad und Klassenmethode	Ohne Siedlungsfläche
Vollständigkeit der Visualisierung	Veränderungen auf allen Flächen	Nur innerhalb des Siedlungskörpers

Tabelle 3.4: Gegenüberstellung von Rasternetzansatz und Polygonansatz

4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die gezeigten Ergebnisse zeigen zwei alternative Wege auf, wie die Siedlungsentwicklung auf einer zweidimensionalen und statischen Karte festgehalten und dargestellt werden kann. Der Aufwand für die Kartierung ist dabei deutlich geringer als beispielsweise bei der Übertragung verschiedener Kartenstände in eine einheitliche Symbolisierung. Die Veränderungen selber lassen sich in den Karten gut verorten und quantifizieren, während die verschiedenen Grössen eine adäquate Beschreibung des Strukturwandels erlauben.

Beide Verfahren, Rasternetzansatz wie Polygonansatz, sollten damit schweizweit anwendbar sein. Jedenfalls konnte in den drei betrachteten Gemeinden kein Nachteil von ländlichen Gegenden mit wenig Entwicklung gegenüber städtischen, sich schnell entwickelnden Regionen festgestellt werden. Einzig die Begrenzung des Polygonansatzes auf die heutige Siedlungsfläche und die stellenweise ungünstige Form der Polygonflächen könnten dabei ein mögliches Problem darstellen, wie das Beispiel von Les Ponts-de-Martel gezeigt hat. Ebenso spricht der höhere Aufwand des Polygonansatzes aufgrund der benötigten manuellen Bereinigung der Polygone eher für den Rasternetzansatz. Es ist jedoch durchaus denkbar, dass Wege gefunden werden, Teile dieses Arbeitsschrittes zu automatisieren, womit das Resultat auch weniger abhängig vom Kartografen und damit nachvollziehbarer wäre. Der Vorteil des Polygonansatzes liegt trotz allem bei der natürlichen Wirkung der Ergebnisse. Vor allem das Beispiel von Chur zeigt sehr anschaulich, wie sich die Siedlung fächerförmig in die Rheinebene ausgebreitet hat.

Dennoch benötigen die entworfenen Konzepte mehrere Karten, um die Siedlungsentwicklung verschiedener Zeitstände vergleichen zu können. Vor allem bei höherer zeitlicher Auflösung dürfte sich dies nachteilig auswirken. Eine Möglichkeit bestünde hier allenfalls darin, die flächenbezogenen Ansätze mit objektbasierten Ansätzen zu kombinieren.

Die getesteten Schlüsselgrössen Siedlungsfläche und Überbauungsgrad zeigten im direkten Vergleich jeweils unterschiedliche Ergebnisse. Während der Überbauungsgrad ein geeignetes Mass scheint, um die Intensität der Bodennutzung zu beschreiben, ist die Siedlungsfläche eher dazu geeignet, Freiräume im bestehenden Siedlungskörper zu quantifizieren. Aussagen zu Struktur und Art der Bebauung können am besten qualitativ mit der Klassenmethode ein-

gefangen werden. Insgesamt gibt es keine allumfassende Grösse, sondern die Schlüsselgrössen sind viel eher als komplementär zu betrachten.

Hauptschwierigkeit bei der Messung der Grössen ist die Schätzung, welche im Falle der Siegfried- und Dufourkarte manuell durchgeführt werden muss und damit teilweise auch einer subjektiven Beurteilung unterliegt. Die Genauigkeitsanforderungen an die Messung sind für die Klassenmethode hierbei zwar weniger hoch, jedoch kommen hier andere Aspekte zum Tragen, die der Beurteilung des Kartografen bedürfen. Insbesondere die Beschreibung von Veränderungen fiel unbefriedigend aus; eine einfache Differenzbildung aus den Klassenstufen ist nicht die beste Lösung. Es müsste allenfalls geprüft werden, ob sich Veränderungen unabhängig von einer vorgängigen Klassifizierung der Siedlungsstruktur festhalten und einordnen lassen. Vielleicht wären die entsprechenden Karten dann auch für weniger geübte Betrachter verständlicher.

Für die quantitativen Grössen Überbauungsgrad und Siedlungsfläche wäre es indessen hilfreich, auch für ältere Zeitstände Vektordaten zur Verfügung zu haben. HEROLD et al. (2012) und RIEMEK (2013) haben gezeigt, dass es verschiedene Methoden gibt, Gebäude anhand von Rasterdaten zu extrahieren. Aus den Gebäudefootprints liessen sich viele Informationen zur Siedlungsstruktur und -Nutzung vollautomatisch ableiten (MEINEL et al., 2008). Es müsste lediglich noch ein Weg gefunden werden, den Einfluss möglicher Massstabsverzerrungen bei der Grössenberechnung zu minimieren.

Hilfreich wäre auch, wenn es gelingen würde, Veränderungen oder Unterschiede zwischen zwei Kartenständen automatisch zu detektieren. Bisherige Versuche mit einer Subtraktion von Rasterdaten waren allerdings wenig erfolgreich (vgl. RICKENBACHER (2013)).

5 Schlusswort

Spätestens seit der Entdeckung des Computerspiels SimCity haben mich Siedlungen und ihre Entstehungsgeschichten immer wieder begeistert. Sich in dieser Arbeit mit der kartografischen Beschreibung von Siedlungsentwicklungen auseinanderzusetzen, war eine motivierende Herausforderung. Es hat mir nicht nur erlaubt, praktische Erfahrungen mit historischem Kartenmaterial zu sammeln, sondern auch kartografische Gestaltungsregeln besser zu verstehen. Der enge Bezug zur Geschichtsforschung sowie zur Raumplanung sorgte für Abwechslung und half, die verschiedenen Fachbereiche in einem grösseren Zusammenhang zu sehen. Obwohl grosse Teile der Arbeit aus abstraktem Ausprobieren und Beurteilen bestanden, genoss ich den Spielraum, der meinen Ideen zur Verfügung stand.

Insgesamt war es befriedigend, am Schluss schlüssige Ergebnisse vorweisen zu können, welche die Siedlungsentwicklung für die ausgewählten Gemeinden visualisieren. Zwar liesse sich daran durchaus noch das eine oder andere verbessern, aber Forschung kennt ja bekanntlich keine Grenzen. Wer weiss, vielleicht werde ich eines meiner Konzepte wiederentdecken, wenn ich in einigen Jahren den Atlas der Schweiz in den Händen halte.

Alessandro Beck, Mai 2013

Literaturverzeichnis

AMMANN, G., B. MEIER und H. WEISS (1999). *Landschaft in Menschenhand. 150 Jahre Michaeliskarten - Kulturlandschaft Aargau im Wandel*. Aarau: Sauerländer Verlag, 120 S.

BADILATTI, M. (1991). *Schweiz im Umbruch. Eine vergleichende Darstellung über die Siedlungsentwicklung zwischen 1920 und 1991*.
Bern: Bundesamt für Raumplanung, 52 S.

BFS (2000). *Volkszählung 2000*. Bundesamt für Statistik. Statistisches Lexikon der Schweiz. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/lexikon/lex/1.html> (Zugriff 25. März 2013).

BFS (2007). *Arealstatistik nach Nomenklatur 1992. GEOSTAT - Datenbeschreibung*.
Bundesamt für Statistik.

BFS (2012). *Arealstatistik*. Bundesamt für Statistik. Bodennutzung und Bodenbedeckung. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/02/03/blank/data/gemeindedaten.html> (Zugriff 24. März 2013).

BFS (2013). *Bisherige Arealstatistiken*. Bundesamt für Statistik. Erhebungen, Quellen - Arealstatistik der Schweiz.
[http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen...quellen/blank/blank/arealstatistik/07/07_01.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen_quellen/blank/blank/arealstatistik/07/07_01.html) (Zugriff 05. April 2013).

BÜHLER, Y. (2000). *Siedlungsentwicklung im Raum Flumserberg zwischen 1958 und 1996*. Praktikumsarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz.

BURKHALTER, M., F. SCHNIDER, D. WINIGER und J. MEHR (2011).
Kulturlandschaftswandel in der Gemeinde Lyss. Projektarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz.

- DETTE, C. (2005). *Methoden der Verarbeitung historischer und topographischer Kartenwerke für eine rechnergestützte Analyse und Visualisierung der Flächennutzungsentwicklung der Stadt Halle (Saale)*. Diplomarbeit, Universität Halle, Halle, Deutschland.
- DUBLER, A.-M. (2011). *Nidau (Gemeinde)*. Historisches Lexikon der Schweiz. <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D446.php> (Zugriff 24. März 2013).
- ERZINGER, F., M. OTT, M. SCHMID und M. WANNER (2006). *Kulturlandschaftswandel in Kloten, Opfikon, Rümlang. 1940-2006*. Projektarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz.
- EWALD, K. (1978). *Der Landschaftswandel. Zur Veränderung der schweizerischen Kulturlandschaft im 20. Jahrhundert*. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Bericht, 191:178–182.
- FUCHS, K. (2011). *Historischer Städteatlas der Schweiz. Chur*. Zürich: Chronos Verlag, 112 S.
- GALLUSSER, W. und W. BUCHMANN (1974). *Der Kulturlandschaftswandel in der Schweiz als geographisches Forschungsprogramm*. Geographica Helvetica, 3:49–60.
- HAAG, H. (1999). *Siedlungs- und Verkehrsnetzentwicklung im Raum Baden-Wettingen von 1840-1994*. Praktikumsarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz.
- HAUSMANN, G. (2010). *Ponts-de-Martel, Les*. Historisches Lexikon der Schweiz. <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D2846.php> (Zugriff 25. März 2013).
- HECHT, R., H. HEROLD und G. MEINEL (2010). *Analyse und Visualisierung der Siedlungsentwicklung mit SEGMENTA-CHANGE*. In: Meinel, G. und Schumacher, U. (Ed.) *Flächennutzungsmonitoring II. Konzepte - Indikatoren - Statistik*. Berlin. Rhombos. S. 217-233.
- HEROLD, H., G. MEINEL, R. HECHT und E. CSAPLOVICS (2012). *A GEOBIA approach to map interpretation - Multitemporal building footprint retrieval for high resolution monitoring of spatial urban dynamics*. Proceedings of the 4th GEOBIA. IOER. Rio de Janeiro, S. 252–256.
- HOFMANN, H. (1998). *Siedlungsentwicklung*. Raumbeobachtung Kanton Zürich, 20:10,55.

- HUBER, M. (1989). *Grundeigentum - Siedlung - Landwirtschaft: Kulturlandschaftswandel im ländlichen Raum am Beispiel der Gemeinden Blauen BE und Urmein GR*. Basler Beiträge zur Geographie, 38.
- HURNI, L. (2008). *Kartografie Grundzüge. Beispiele zur Siedlungs- und Situationsgeneralisierung. Vorlesungsskript*. ETH Zürich. Institut für Kartografie.
- HURNI, L. (2010). *Schweizer Weltatlas*. Zürich: Lehrmittelverlag Zürich, 240 S.
- KOEPPEL, H-D., H.-M. SCHMITT und F. LEISER (1991). *Landschaft unter Druck: Zahlen, Zusammenhänge über Veränderungen in der Landschaft Schweiz*. Bern: Bundesamt für Raumplanung, 154 S.
- KÜRY, E. (1990). *Möglichkeiten der kartographischen Darstellung der Grundeigentumsdynamik als Beitrag zur geographisch-methodischen Erfassung des räumlichen Wandels am Beispiel der Gemeinde Lachen SZ*. Diplomarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz.
- LORENZ, C. (2012). *Erstellung von Karten mit altem Stand basierend auf aktuellen Vektordaten*. Masterprojektarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz.
- MEINEL, G., R. HECHT, H. HEROLD, G. SCHILLER, M. SPANGENBERG, M. BURGDORF und R. KAWKA (2008). *Automatische Ableitung von stadtstrukturellen Grundlagendaten und Integration in einem Geographischen Informationssystem*. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Forschungen, 134.
- PEYER, M., D. SAUERLÄNDER und C. HÄBERLING (1998). *Region Aarau 1840-1994. Siedlungsentwicklung im Spiegel alter Karten*. Aarau: Baudepartement, Abteilung Raumplanung, 48 S.
- RICKENBACHER, M. (2013). *Zeitreihen bei swisstopo*. Bundesamt für Landestopografie swisstopo.
http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/topics/geodata/historic_geodata/key_dat/tim_se.html (Zugriff 08. März 2013).
- RIEMEK, J. (2013). *Automatische Vektorisierung von kartografischen Objekten aus eingescannten Landeskarten*. Masterprojektarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz.

SCHULER, M., P. DESSEMONTET und D. JOYE (2005). *Eidgenössische Volkszählung 2000. Die Raumgliederungen der Schweiz*. Neuenburg: Bundesamt für Statistik, 232 S.

SIMONETT, J. (2006). *Chur*. Historisches Lexikon der Schweiz.
<http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D1581.php> (Zugriff 18. März 2013).

SPIESS, E. (1989). *Kartographische Methoden zur Darstellung von Veränderungen von Natur- und Kulturlandschaften*. Vortrag in der Universität Basel anlässlich des Festkolloquiums zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Werner Gallusser.

SPIESS, E. (1990). *Landschaftsveränderungen, kartographisch dargestellt. Das Kartenpaar „Ronco“ aus dem Atlas der Schweiz als Beispiel*. *Cartographica Helvetica*, 2:65–71.

STIRNEMANN, P. (2000). *Landschaftswandel. Werkzeuge zum Messen und Bewerten von Veränderungen in der Landschaft*. Aarau: Sauerländer Verlag, 64 S.

STREIT, O., J. NÄGELI und C. MÜLLER (2012). *Kulturlandschaftswandel in Winterthur. Eine Industriestadt im Wandel*. Projektarbeit, ETH Zürich, Zürich, Schweiz.

SWISSTOPO (2007). *VECTOR25 - Das digitale Landschaftsmodell der Schweiz. Produkteinformation*. Bundesamt für Landestopografie swisstopo.

SWISSTOPO (2011). *Zeichenerklärung. Und weitere Informationen zu den Landeskarten*. Bundesamt für Landestopografie swisstopo.

SWISSTOPO (2012). *Historische Karten*. Bundesamt für Landestopografie swisstopo.
<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/maps/hist.html>
(Zugriff 05. April 2013).

ZAHN, U., J. BURGERMEISTER und T. TOPEL (1988). *Diercke Weltatlas*. Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag, 275 S.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Die Siedlungsentwicklung der Gemeinde Nidau, dargestellt als Gegenüberstellung verschiedener Zeitstände mit einheitlicher Symbolisierung. (Abbildung aus LORENZ (2012))	9
2.2	Einfache Variante, die Siedlungsveränderungen einzelner Zeitperioden objektbezogen mit mehreren Karten darzustellen. (Abbildungen aus BURKHALTER et al. (2011))	10
2.3	Beispiel zur Veranschaulichung des Prinzips der objektbezogenen Darstellung von Veränderungen für mehrere Stände auf einer einzigen Karte. (Ausschnitt aus BÜHLER (2000))	11
2.4	Ausschnitt aus HUBER (1989), welcher detailliert die Siedlungsentwicklung in Urmein (GR) darstellt. Wegen des hohen Erfassungsaufwandes eignet sich eine solch präzise Umsetzung jedoch höchstens für sehr kleine Gemeinden oder einzelne Quartiere.	12
2.5	Vergleich von drei Zeitständen der Stadt Aarau anhand zweier Karten mit flächenbezogener Darstellung. Neue Siedlungsbereiche sind hier dunkel eingefärbt. (Ausschnitte aus PEYER et al. (1998))	13
2.6	Karte der Siedlungsentwicklung in Winterthur mit drei Zeitperioden, hervorgehoben durch flächenhafte Abgrenzungen. Ältere Bauwerke sind von keiner Fläche überlagert worden. (Abbildung aus STREIT et al. (2012))	15
2.7	Veränderung der baulichen Dichte im Stadtgebiet von Düsseldorf. (Abbildung aus HECHT et al. (2010))	17
2.8	Die Stadt Chur vor 1835, gesehen aus nordöstlicher Richtung. (Lithografie von David Alois Schmid, aus FUCHS (2011))	20
2.9	Links: Die von Süden aus gesehene Churer Rheinebene um 1947. Rechts: Die Stadt Chur und ihre Infrastruktur um 1963. (Abbildung aus FUCHS (2011)) .	20
2.10	Les Ponts-de-Martel hat sich kaum verändert. Links: Die Siedlung um 1960. Rechts: Der Zustand um 1991. ¹	21
2.11	Das Wasserschloss Nidau von Westen aus gesehen. Erstmals nachgewiesen 1196 durch eine von Graf Ulrich III. von Neuenburg ausgestellte Urkunde. ² .	22

2.12	Flächennutzung in den gewählten Gemeinden nach neuester Erhebung. (Daten aus BFS (2012))	25
2.13	Bautätigkeit der gewählten Gemeinden im vergangenen Jahrhundert. (Daten aus BFS (2000))	26
2.14	Anzahl neu errichteter Gebäude in den gewählten Gemeinden. Zu beachten ist die nicht ganz lineare Skalierung der horizontalen Achse. (Daten aus BFS (2000))	27
2.15	Direkter Vergleich der Anzahl Gebäude in den gewählten Gemeinden während des vergangenen Jahrhunderts. (Daten aus BFS (2000))	28
2.16	Direkter Vergleich der Bevölkerungsentwicklung über die letzten 150 Jahre in den gewählten Gemeinden. (Daten aus BFS (2000))	29
2.17	Direkter Vergleich der Altersstruktur der gewählten Gemeinden im Jahre 2000. (Daten aus BFS (2000))	29
3.1	Ausschnitt aus der in ArcGIS berechneten Siedlungsfläche der Gemeinde Chur verglichen mit der Definition aus dem VECTOR25 Datensatz (Layer Primärflächen).	37
3.2	Beispiele für typische Artefakte, die bei der Berechnung der Siedlungsfläche entstehen können (rote Kreise): Spitze Winkel, zu kleine Abstände und andere Unschönheiten.	40
3.3	Verwendetes Entscheidungsschema zur Klassifizierung von Siedlungsstrukturen.	43
3.4	Für den Polygonansatz angepasstes Entscheidungsschema zur Klassifizierung von Siedlungsstrukturen.	45
3.5	Kartenverzerrungen (rot) verunmöglichen einen direkten Vergleich im Hektar-raster und erschweren die korrekte Abschätzung von Schlüsselgrößen. Die gelben Linien verbinden markante Punkte. Ohne Verzerrungen wären diese überall horizontal und gleich lang.	47
3.6	Siedlungsfläche der Stadt Chur, gemessen in einem Rasternetz mit einer Rasterweite von 300m.	48
3.7	Verwendetes Hilfsschema zum Abschätzen der Anteile von Siedlungsfläche und Überbauungsgrad an den einzelnen Rasterfeldflächen.	49
3.8	Prinzip der Grössenschätzung durch rückwärtsbezogene Betrachtung von Veränderungen. Im Beispiel wird ausgehend von der Landeskarte (70% Siedlungsfläche) die Abnahme der Siedlungsfläche im Vergleich zur Siegfriedkarte geschätzt und daraus der gesuchte Wert ermittelt (30%). Mit analogen Vergleichen kann die Siedlungsfläche für die Dufourkarte bestimmt werden.	50
3.9	Direkter Vergleich von Überbauungsgrad und Siedlungsfläche.	51

3.10	Beispiele für die Einteilung von Rasterfeldern (200m x 200m) in die einzelnen Kategorien des Klassenschemas. Grenzfälle sind mit roter (statt blauer) Umrahmung hervorgehoben.	52
3.11	Direkter Vergleich von Siedlungsfläche und Klassenmethode.	53
3.12	Zunahme der Siedlungsfläche zwischen 1933 (links) und 2008 (rechts) im Churer Rheinquartier.	55
3.13	Beschreibung der siedlungsstrukturellen Veränderung im Zentrum von Les Ponts-de-Martel zwischen 1845 und 1945 mit Hilfe qualitativer Klassen. Zur Veranschaulichung sind die kompletten Legenden dargestellt, auch wenn gewisse Kategorien im Ausschnitt nicht enthalten sind.	56
3.14	Unerwünschte Ergebnisse nach Unterteilung der Siedlungsfläche. Links: Fehlende Unterteilung bei Sackgassen. Mitte und rechts: Grosse Polygone mit schmalen Streifen.	58
3.15	Beispiele für eine manuell durchgeführte Bereinigung der Polygonflächen. Links: Rohzustand. Rechts: Bearbeitetes Resultat.	59
3.16	Die Vielfalt an unterschiedlichen Polygonen in Form und Grösse erschwert eine Beschreibung mit qualitativen Klassen.	60
3.17	Beschreibung der Siedlungsentwicklung von Nidau zwischen 1874 (links) und 1946 (rechts) mit Polygonen und anhand qualitativer Klassen. Die Karte unten zeigt die Veränderungen.	62
3.18	Beschreibung der Siedlungsentwicklung von Nidau zwischen 1874 (links) und 1946 (rechts) mit Polygonen anhand des Überbauungsgrades. Die Karte unten zeigt die Unterschiede.	63
3.19	Gegenüberstellung von Rasteransatz (oben) und Polygonansatz (unten): Darstellung der Siedlungsentwicklung von Chur zwischen 1933 und 2008 mit Hilfe qualitativer Klassen. Links: Zustand 1933. Rechts: Veränderungen von 1933 bis 2008.	66
3.20	Gegenüberstellung von Rasteransatz (oben) und Polygonansatz (unten): Darstellung der Siedlungsentwicklung von Les Ponts-de-Martel zwischen 1945 und 2011 mit Hilfe qualitativer Klassen. Links: Zustand 1945. Rechts: Veränderungen von 1945 bis 2011.	67

Tabellenverzeichnis

2.1	Ausgewählte Zahlen aus der letzten Schweizer Volkszählung, die nach altem System durchgeführt wurde (BFS, 2000).	24
2.2	Masstäbe und Publikationsjahre der verwendeten Karten. Bei Angabe mehrerer Jahrzahlen lag das Gebiet auf verschiedenen Blättern verteilt. Zu beachten sind die unterschiedlichen Masstäbe bei der Siegfriedkarte. (Angaben aus SWISSTOPO (2012))	31
3.1	Schlüsseigenschaften einer Siedlung und ihre mögliche Darstellung mit flächenbezogenen Ansätzen und Statistiken auf Gemeindeebene. Ohne weitere Angaben beziehen sich die Grössen im ersten Fall (Spalte Darstellung) auf die Zonenfläche, im zweiten (Spalte Statistik) auf die Gemeindefläche. Mit Zone ist dabei beispielsweise ein Quartier gemeint (vgl. Abschnitt 2.2.6).	35
3.2	Ausprägungen von Schlüsseigenschaften einer Siedlung innerhalb von Zeitreihen	35
3.3	Prinzip der Reduktion von 10 Klassen auf 7 Klassen zur qualitativen Beschreibung der Siedlungsstruktur, die auch anhand der Dufourkarte unterschieden werden können.	43
3.4	Gegenüberstellung von Rasternetzansatz und Polygonansatz	68