

Automatische Vektorisierung von kartografischen Objekten aus ein- gescannten Landeskarten

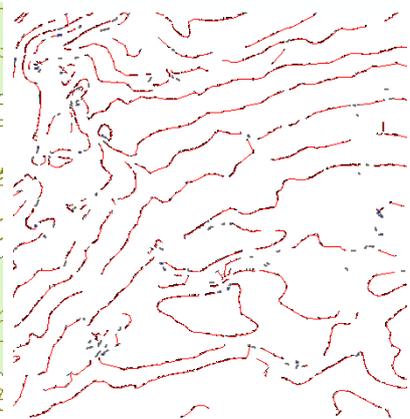
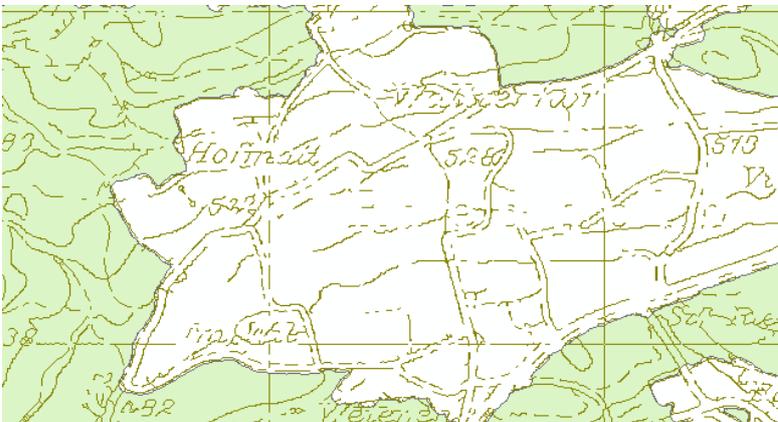
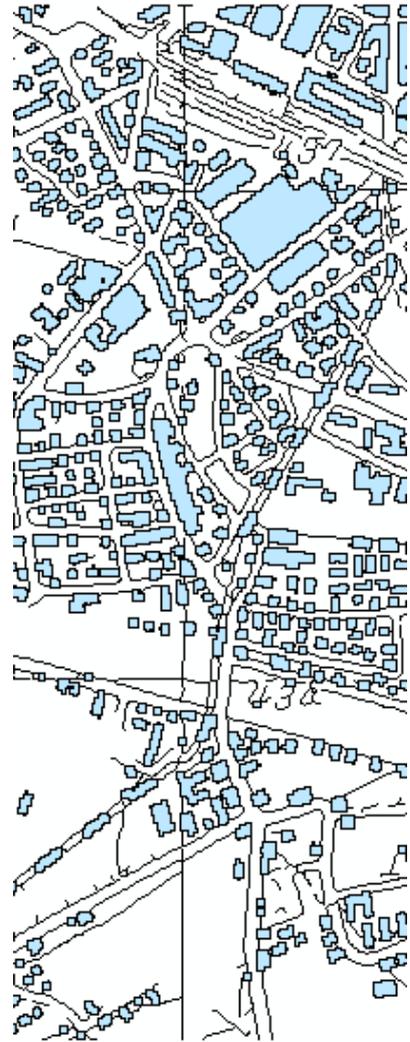
Eine Masterprojektarbeit von Jan Riemek
Geomatik und Planung MSc, 8. Semester
Frühjahrssemester 2013

Betreuung

Lorenzo Oleggini

Leitung

Prof. Dr. Lorenz Hurni
Institut für Kartografie und
Geoinformation, ETH Zürich



Vorwort

Der vorliegende Bericht beschreibt eine Masterprojektarbeit, welche im Rahmen des Studiengangs Geomatik und Planung während des neunten Semesters am Institut für Kartografie und Geoinformation an der ETH Zürich entstanden ist. Das Thema der Arbeit wurde auf Anfrage von Lorenzo Oleggini vorgeschlagen und entstand aus der Masterprojektarbeit „Erstellung von Karten mit altem Stand basierend auf aktuellen Vektordaten“ von Christian Lorenz (FS 2012).

Der Einstieg in das Projekt – ohne genaue Kenntnisse darüber, welche Möglichkeiten und Grenzen nachfolgende Arbeitsschritte besitzen – entpuppte sich als der schwierigste Teil des gesamten Prozesses. Dies lag zum einen daran, dass der gesamte Prozess einen stark experimentellen Charakter besass und zum anderen daran, dass die verwendeten Funktionen und Software für mich neu waren.

Mein Dank gilt deswegen insbesondere meinem Betreuer Lorenzo Oleggini, welcher in der anfänglichen Phase der Arbeit mir eine zielorientierte Richtung weisen und auch bei einigen technischen Schwierigkeiten seine Hilfe anbieten konnte.

Ausserdem danke ich den anderen Mitarbeitern des Instituts für Kartografie und Geoinformation für die Unterstützung und Tipps.

Zusammenfassung

Altes Kartenmaterial ist meistens noch in Form von Papier oder digital im Rasterdatenformat vorhanden. Zwar lassen sich kartografische Darstellungen recht schnell in guter Auflösung einscannen, jedoch ist die weitere Bearbeitung wie beispielsweise das Anpassen von Farbtönen, eine Aktualisierung der Symbolisierung oder Änderungen des Masstabs sehr zeitintensiv. Meistens müssen dafür die einzelnen Elemente der Karte von Hand am Computer nachgefahren werden, um daraus Vektordaten zu erhalten, welche im Gegensatz zu den Rasterdaten eine Attribuierung überhaupt erst zulassen.

Um den Aufwand der Vektorisierung von eingescannten Rasterkarten zu reduzieren, werden Softwaretools für eine halbautomatische oder vollautomatische Vektorisierung benutzt. Diese Anwendungsprogramme können den Kartografen bisher nicht ersetzen und auch die Suche nach den geeigneten Parametern für die automatische Vektorisierung beansprucht einiges an Zeit.

In der vorliegenden Masterprojektarbeit soll anhand eines Kartenausschnitts von Nidau die automatische Vektorisierung untersucht und bewertet werden. Dazu wird der Fokus vorerst auf die grünen Flächen (Wald) gelegt, welche mittels Farbseparation vom Rest des Kartenausschnitts getrennt werden soll.

Für jedes Objekt, ob Waldstück, Fluss, Höhenlinie, Gebäude, Strasse oder einem anderen, müssen in jedem Arbeitsschritt neue Parameter gewählt. Ob die gewählten Parameter auch für andere Kartenausschnitte geeignet sind, soll ein Vergleich mit dem Referenzgebiet Riedholz zeigen.

Die automatisch vektorisierten Objekte sind oft mit Mängeln behaftet und es bedarf einer Weiterverarbeitung, um qualitativ zufriedenstellende Resultate zu erlangen. Für die Farbe Grün wurde eine solche Nachbesserung durchgeführt, welche die Qualität der erhaltenen Vektordaten deutlich zu steigern vermochte.

Im Abschluss der Arbeit wird der Nutzen dieses Projekts für zukünftige Arbeiten kommentiert mit Vorschlägen für weitere mögliche Verbesserungen der Vektorisierung.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	1
Zusammenfassung	2
Tabellenverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis.....	5
1 Einleitung.....	8
1.1 Ausgangslage	8
1.2 Zielsetzung und Inhalt	9
2 Grundlagen.....	10
2.1 Nidau	10
2.2 Riedholz	10
2.3 Grundlagedaten.....	11
2.3.1 TIFF – Tagged Image File Format.....	13
2.3.2 TFW – World File.....	13
2.3.3 Aufbau des World Files	14
2.4 Arbeitsmittel.....	14
2.4.1 GeoVITe	15
2.4.2 ArcMap und ArcCatalog	15
2.4.3 FME Workbench	15
2.4.4 FME Universal Viewer.....	16
2.4.5 Adobe Photoshop CS5.....	16
2.4.6 Literatur.....	16
3 Methoden und Vorgehen	17
3.1 Farbseparation	17
3.1.1 Farbmanipulation.....	18
3.1.2 Kanalberechnung.....	21
3.1.3 Vergleich: Farbseparation „Grün“	23
3.1.4 Vergleich: Farbseparation „Braun“	24
3.1.5 Vergleich: Farbseparation „Schwarz“	25
3.1.6 Filter.....	26
3.2 Vektorisierung	27
3.2.1 Vorbereiten der Vektorisierung.....	27
3.2.2 Raster Cleanup	28
3.2.3 Shapefile-Generierung	29
3.2.4 ArcScan.....	29
3.2.5 Bug in ArcScan	31
3.3 Analyse der Zwischenergebnisse – Nidau	32
3.4 Analyse der Zwischenergebnisse – Riedholz	33
3.5 Nachbearbeitung	35

3.5.1	Bufferanwendung.....	35
3.5.2	Analyse der Nachbearbeitung.....	36
	Buffer 10 m	36
	Buffer 15 m	36
	Buffer 30 m	36
4	Ergebnisanalyse.....	38
4.1	Vergleich mit anderen Arbeiten	38
4.2	Zielerreichung.....	40
4.2.1	Vorgenommene Ziele	40
4.2.2	Erreichte Ziele	40
4.3	Ungelöste Ziele und weitere Problemstellung	41
4.4	Nutzen der Arbeit	41
5	Fazit.....	42
6	Quellenverzeichnis.....	43

Abbildungsverzeichnis

1	Rasterkarte von Nidau.....	11
2	Rasterkarte von Riedholz.....	12
3	Nidau mit prägnanterer Grundarstellung.....	18
4	Riedholz mit prägnanter Grundarstellung.....	18
5	Channel Mixer aus Adobe Photoshop CS5.....	19
6	Nidau mit prägnanterer Grundarstellung.....	20
7	Riedholz mit prägnanter Grundarstellung.....	20
8	CMYK-Farbseparation.....	21
9	RGB-Farbseparation.....	21
10	Kanalberechnung für Grünseparation.....	22
11	vor dem Medianfilter.....	23
12	nach dem Medianfilter.....	23
13	Grünseparation von Nidau.....	23
14	Grünseparation von Riedholz.....	23
15	Braunseparation von Riedholz.....	24
16	Braunseparation von Riedholz.....	24
17	Schwarzseparation von Nidau.....	25
18	Schwarzseparation von Riedholz.....	25
19	Grünfläche vor Filter.....	26
20	Grünfläche nach Filter.....	26
21	Klassifizierung des Farbverlaufs.....	27
22	Riedholz vor dem Raster Cleanup.....	28
23	Selektierte Objekte durch Raster Cleanup.....	28
24	Riedholz nach dem Raster Cleanup.....	28
25	Optionen der Vektorisierung.....	29
26	Einstellungen für die Vektorisierung.....	29
27	Optionen der Vektorisierung.....	31
28	Einstellungen für die Vektorisierung.....	31
29	Vektorisierte Grünfläche Nidau.....	32
30	Vektorisierte schwarze Polygone Nidau.....	32
31	Vektorisierte schwarze Polylines Nidau.....	32
32	Vektorisierte Grünfläche Riedholz.....	33
33	Vektorisierte schwarze Polygone Riedholz.....	33
34	Vektorisierte schwarze Polylines Riedholz.....	33
35	Vektorisierte Höhenlinien Riedholz.....	34
36	FME Workbench Diagramm.....	35
37	Riedholz mit Buffer 10 m.....	36
38	Riedholz mit Buffer 15 m.....	36
39	Riedholz mit Buffer 30 m.....	36

40	Riedholz mit Buffer 10, 15 und 30 m.....	37
41	Nidau mit Buffer 10 m.....	37
42	Nidau mit Buffer 30 m.....	37
43	Manuell erstellte Vektordaten	38
44	Automatisch vektorisierte Kartenobjekte.....	39

Tabellenverzeichnis

1	Werte der TFW Files für Nidau und Riedholz	14
2	Beschreibung der TFW Parameter.....	14
3	Parameter der Kanalberechnung	22
4	Parameter für die Vektorisierung	30

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Historische Landkarten können Zeitzeugen von wissenschaftlicher Bedeutung sein. Beispielsweise ist es durch die Aneinanderreihung von Karten in zeitlicher Abfolge möglich, Entwicklungen der Landschaft, der Siedlungen oder der Natur nachzuverfolgen. Altes Kartenmaterial und Pläne liegen jedoch oft nur in analoger Form oder als Rasterdaten vor. Damit Bedürfnisse wie eine einheitliche Symbolisierung für den optimalen Vergleich oder eine unbegrenzte Skalierbarkeit der Karten erfüllt werden können, sollen die alten Karten, welche als Rasterdaten eingescannt oder generiert wurden, in Vektordaten überführt werden. Im Gegensatz zu den Rastergrafiken basieren Vektorgrafiken nicht auf einem Pixelraster, in welchem jedem Bildpunkt ein Farbwert zugeordnet wird, sondern auf einer Bildbeschreibung, die die Objekte, aus denen das Bild aufgebaut ist, geometrisch exakt definiert. Neben schon genannten Punkten ist auch der geringere benötigte Speicherplatz der Vektordaten vorteilhaft.

Das Bundesamt für Landestopographie unternahm im Jahre 1989 erste Versuche mit der digitalen Nachführung der Landeskarte. Seither haben sich die Technik und die Methoden deutlich verbessert und dennoch ist die Vektorisierung digitaler Rasterdaten mit Problemen behaftet. Deswegen sind auch heute noch viele topografische Karten nur in Rasterformaten vorhanden (swisstopo, 2013).

Der Prozess der Vektorisierung kann manuell, halbautomatisch oder automatisch vollzogen werden, wobei jede Variante Vor- und Nachteilen besitzt. Mit einer manuellen Vektorisierung können meistens die besten Resultate erzeugt werden, da die kartografisch wichtigen Informationen durch die Interpretation des bearbeitenden Kartografen erhalten bleiben, dafür ist die Umwandlung in Vektordaten äusserst zeitintensiv. Für die automatische Vektorisierung gibt es Softwaretools, die Ergebnisse sind jedoch oft nicht in gewünschter Qualität und hängen stark von den benutzten Parametern in den Einstellungen ab.

Christian Lorenz wählte in seiner Masterprojektarbeit unter der Betreuung von Lorenzo Oleggini den Ansatz der manuellen Vektorisierung und benutzte dazu die Software OCAD (OCAD AG, 2013). Von einer aktuellen Vektorkarte von Nidau (*VEKTOR25*) entfernte er Objekte, bis sie mit der hinterlegten Rasterkarte zu einem früheren Zeitpunkt übereinstimmte. Mit weiteren Rasterkarten als Vorlage konnte er schlussendlich die Entwicklung Nidaus anhand von vier wichtigen Zeitpunkten aufzeigen.

In der vorliegenden Arbeit wird im Gegensatz zum Projekt von Christian Lorenz der Fokus auf die automatische Vektorisierung gesetzt.

1.2 Zielsetzung und Inhalt

Als primäres Ziel wird die automatische Extraktion von Informationen aus eingescannten Rasterkarten verfolgt. In erster Linie geht es hierbei um die Arbeitsschritte, welche durchgeführt werden müssen, um aus einzelnen Objekten Vektordaten zu generieren, und nicht um die Erstellung von fertigem, druckreifem Kartenmaterial.

Da der Aufwand vor dem Projektbeginn im Konzept nur sehr schwierig abzuschätzen war, wurde vorerst der Fokus auf die grünen Flächen gelegt, um ein Schema für die Vorgehensweise zu entwickeln. Im späteren Verlauf konnten zusätzlich auch schwarze und braune Objekte erfolgreich bearbeitet werden.

Zusätzlich sollen Möglichkeiten und Grenzen, aber auch Potentiale dieser automatischen Vorgehensweise aufgezeigt werden. Als Untersuchungsperimeter wird derselbe Ausschnitt von Nidau gewählt, wie ihn bereits Christian Lorenz verwendet hat. Mit der Wahl von Nidau besteht ausserdem die Möglichkeit, zum Schluss einen direkten Vergleich zwischen den erzeugten Vektorkarten vorzunehmen.

Ausserdem soll das zusätzliche Testgebiet Riedholz verwendet werden, welches eine deutlich ländlichere Struktur aufweisen kann und dadurch zu aussagekräftigeren Ergebnissen bei der automatischen Vektorisierung der Grünflächen führen soll.

Für beide Testareale werden dieselben Arbeitsschritte und identische Parameter gewählt, um eine Beurteilung zu ermöglichen, ob die gewählten Werte bei den zahlreichen Arbeitsschritten zu ähnlich oder gleich guten Resultaten führen.

Als angestrebte Resultate wurde Folgendes im Konzept notiert:

- Eine Rasterkarte mit farbseparierten Layer
- Vektorkarte evtl. auf gewisse Objekte reduziert

Mit den möglichen Zusatzzielen:

- Zeitreihe einer Siedlung mit einheitlicher Symbolisierung
- Extraktion statistischer Werte wie z.B. Flächenzuwachs der Siedlungsfläche oder die Abnahme der Gewässeroberfläche

Die Zusatzziele dienen als Puffer, sollten die primären Ziele unerwartet früh erreicht werden. Dieser Falls ist bei der Bearbeitung des Projekts jedoch nicht eingetroffen, weswegen in der Arbeit die Zusatzziele nicht weiter erwähnt werden.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die für die Masterprojektarbeit verwendeten Daten und Arbeitsmittels gewährt. Des Weiteren wird ebenfalls die Literatur hier erläutert, welche zur Ausgangslage oder während des Arbeitsprozesses nützliche Informationen lieferte.

2.1 Nidau

Mit einer Gesamtfläche von rund 155 ha und knapp 7000 Einwohnern zählt Nidau als Kleinstadt. Sie hat ihren Ursprung im 14. Jahrhundert und gehört zum Kanton Bern. Durch die unmittelbare Nähe zum Bielersee und den beiden umschliessenden Flüsse Aare und Zihl, kann Nidau als eine Insel angesehen werden. Durch die dicht überbaute Agglomeration lässt sich jedoch kaum mehr eine Grenze zwischen Nidau und dem angrenzenden Biel erkennen.

Die Siedlungsbebauung ist vom alten Stadtkern mit dem Schloss Nidau im Zentrum nach aussen gewachsen, bis sie mit umliegenden Gemeinden verschmolzen ist. Südlich von Nidau existieren viele landwirtschaftliche genutzte Felder. (wikipedia.org, 2013) (Graf, 2013)

Christian Lorenz befasste sich mit Nidau, weil während einer Ausstellung in Nidau 2011 mit historischen Karten, Plänen und Stadtansichten aus dem 18. und 19. Jahrhundert der Wunsch nach einer Zeitreihe von Karten entstand, welche die Entwicklung von Nidau zeigt. Durch die unterschiedlichen Erscheinungsbilder der Karten wurde es jedoch nötig, die vorhandenen Darstellung zu bearbeiten, um durch eine Digitalisierung und eine einheitliche Symbolisierung die Veränderungen besser vergleichbar machen. (Lorenz, 2012)

2.2 Riedholz

Riedholz ist eine Vorortsgemeinde mit etwa 2200 Einwohnern von Solothurn und ist im Jahr 2011 durch die Fusion mit Niederwil gewachsen. Riedholz liegt teilweise auf einer Geländeterrasse einer eiszeitlichen Moräne des Rhonegletschers, wird im Süden von der Aare begrenzt und umfasst noch einen Abschnitt des Jurasüdfusses. Wie Nidau liegt Riedholz etwa auf 450 m ü. M. Fast zur Hälfte (194 ha) wird das 487 Hektaren grosse Gemeindegebiet von Wald bedeckt und kam darum gut als Testgebiet in Frage, wo in einem ersten Schritt die in der Karte als grüne Flächen markierten Wälder vektorisiert werden sollten (EWG Riedholz, 2013) (wikipedia.org, 2013).

2.3 Grundlagedaten

Für diese Arbeit werden als Ausgangsdaten ausschliesslich die Rasterkarten von Nidau und Riedholz im TIF Format (siehe 2.3.1) verwendet. Sie wurden vom ETH Geodaten Portal GeoVITe erfasst und lagen im Massstab 1:50000 der Landeskartenwerke (LK50) vor. In diesem Kapitel werden ausserdem die Kartenausschnitte von Nidau und Riedholz nach ihren Objekten kurz analysiert, worauf im Kapitel Methoden und Vorgehen detaillierter eingegangen wird.

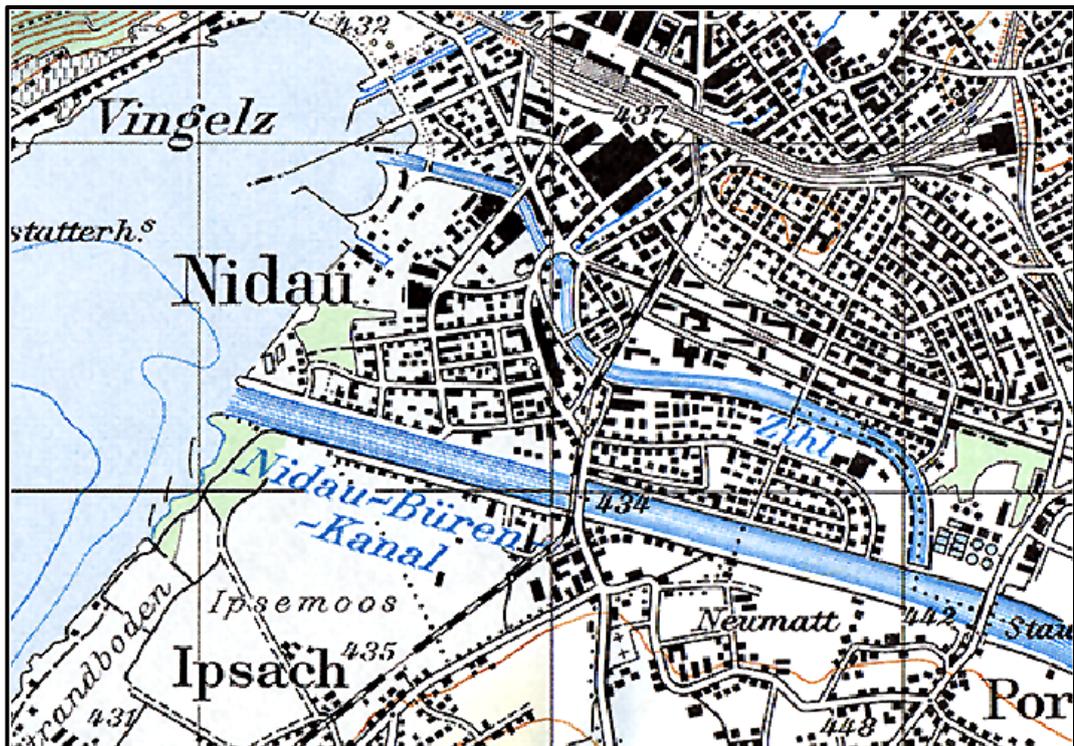


Abbildung 1
Rasterkarte von Nidau

Objektbetrachtung

Markant auffallend sind die vielen schwarzen Polygone, welche Häuser darstellen, und fast die gesamte Fläche des Kartenausschnitts ausfüllen. Diese werden von schwarz und weiss dargestellten Strassen verbunden. Weitere schwarze Elemente sind Ortsnamen, das Gradnetz, eingezeichnete Höhen, Grenzlinien, die Eisenbahnlinie quer durch die Karte und kleinere, kaum zu erkennende punktförmige Objekte. Der Bielersee, als grosse hellblaue Fläche gekennzeichnet, und die zwei blau dargestellten Flüsse Zihl und Aare stechen zusammen mit ihren Namen aus dem Bild hervor. Zwei kleinere Bäche im Norden Nidaus und die blauen Tiefenlinien im See sind ebenfalls festzustellen. Insgesamt sind vier grüne Flächen in der Rasterkarte zu erkennen, welche allesamt nur von geringer Grösse sind. Die braunen Höhenlinien sind kaum zu erkennen, da das an den See grenzende Gebiet sehr flach ist. Aus diesem

Grund wird in Nidau nicht näher auf die Höhenlinien eingegangen, weswegen diese bei der zukünftigen Analyse und Verarbeitung nicht weiter beachtet werden.

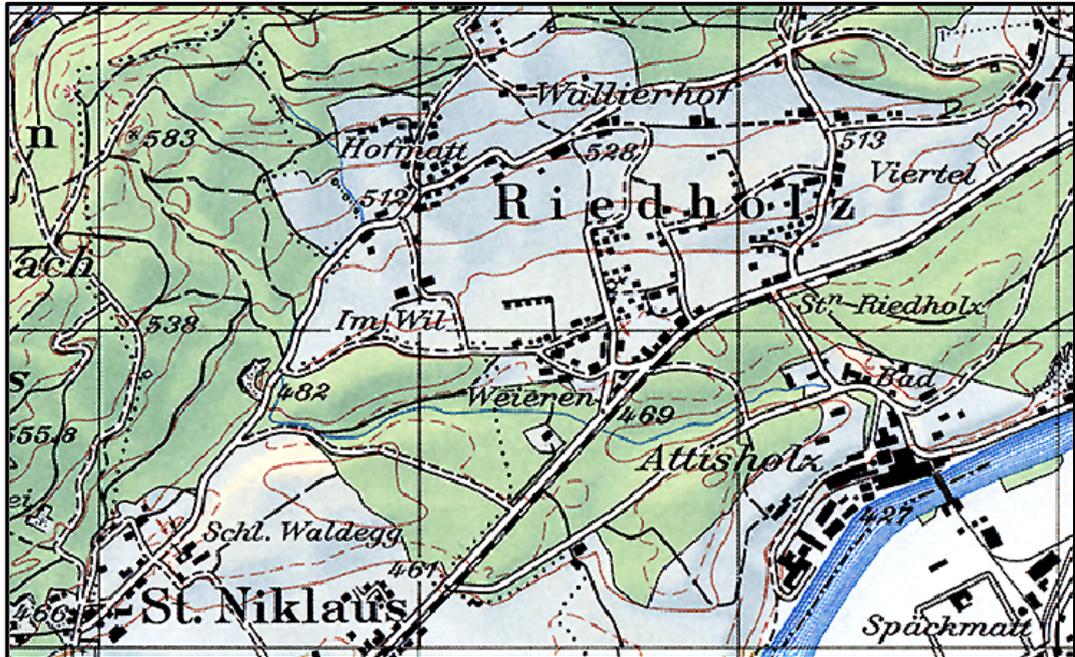


Abbildung 2
Rasterkarte von Riedholz

Objektbetrachtung

Im Gegensatz zu Nidau bedecken die schwarzen Polygone nur einen sehr kleinen Teil der Gesamtfläche des Kartenausschnitts, dafür sind hier die Grünflächen, also der Wald, sehr dominant. Diese werden von zahlreichen schwarzen (Strassen, Wege, Grenzlinien, Gradnetz) und braunen Linien durchschnitten. Als blaue Elemente sind hier die Aare und ein kleiner Bach zu erkennen. Durch die hügelige Geländestruktur sind die Höhenlinien stark vertreten und werden deswegen in der weiteren Arbeitsprozedur wie die Waldflächen und die schwarzen Objekte ebenfalls behandelt.

2.3.1 TIFF – Tagged Image File Format

TIFF ist ein sehr flexibles und weit verbreitetes Dateiformat zur Speicherung von Rastergrafiken unterschiedlichster Art. Es bietet unzählige Speichermöglichkeiten, um auch mit zusätzlichen, statistischen Daten wie z.B. Namen umgehen zu können. Ursprünglich wurde das Format von Aldus, einer mittlerweile von Adobe übernommenen Firma, und Microsoft für die Farbseparation bei gescannten Rastergrafiken entwickelt. (wikipedia.org, 2013) (itwissen.info, 2013) (Miller, 2013)

2.3.2 TFW – World File

Vom Unternehmen ESRI wurde als Ergänzung zu verschiedenen Bildformaten (darunter TIFF) das World-File eingeführt. Hierbei handelt es sich um eine kleine Textdatei, welche Georeferenzdaten zu einem Bild enthält und dadurch beispielsweise eine Karte in einem GIS Programm korrekt darstellen kann. In den sechs Zeilen der TFW-Datei werden die Parameter für eine Affintransformation beschrieben. (Greenberg, 2003)

2.3.3 Aufbau des World Files

In der vorliegenden Arbeit wird das World File zur Georeferenzierung genutzt. Alternativ dazu könnte das auf dem TIF Format basierende GeoTIFF verwendet werden, in welchem durch spezielle „Tags“ die Geoinformationen gespeichert werden.

Parameter	Wert Nidau	Wert Riedholz
A	5.0000000000	5.0000000000
B	0.0000000000	0.0000000000
C	0.0000000000	0.0000000000
D	-5.0000000000	-5.0000000000
E	583467.5000000000	607717.5000000000
F	220372.5000000000	232017.5000000000

Tabelle 1

Werte der TFW Files für Nidau und Riedholz

Parameter	Beschreibung
A	Grösse eines Pixels in x-Richtung [m]
B	Rotation um x-Achse
C	Rotation um y-Achse
D	Grösse eines Pixels in y-Richtung [m]
E	x-Koordinate des obersten linken Pixels (Pixelzentrum)
F	y-Koordinate des obersten linken Pixels (Pixelzentrum)

Tabelle 2

Beschreibung der TFW Parameter

2.4 Arbeitsmittel

Als Arbeitsmittel werden verschiedene Softwareprogramme auf den Computern der ETH verwendet. Die Wahl der Arbeitsinstrumente war zu Beginn des Projekts nicht fix festgelegt und darum wurde sie auch während des Projekts leicht angepasst. Es wurde beispielsweise davon ausgegangen, dass OCAD, ein Programm zum Zeichnen von Karten und Plänen, die meiste Zeit im Arbeitsprozess benutzt wird. Es blieb jedoch bei einem kurzen OCAD-Tutorial, welches angeschaut wurde, und andere Programme wie ArcMap und FME wurden für nützlicher befunden.

Im Folgenden werden die schlussendlich verwendeten Arbeitsmittel kurz vorgestellt.

2.4.1 GeoVITe

GeoVITe ist ein Geodatenportal, welches als Projekt des Instituts für Kartografie und Geoinformation in Kooperation mit der ETH-Bibliothek entwickelt wurde. Ziel des Projekts ist das Bereitstellen räumlicher Daten (von der swisstopo) für Mitarbeiter der ETH und Studierende – insbesondere Geomatik-Studierende der Lehrveranstaltung „GIS und Kartografie“ – welche in ihrer akademischen Ausbildung eine immer stärker werdende Nachfrage nach räumlichen Geodaten haben.

Auf GeoVITe werden die Kartenausschnitte im gewünschten Massstab und vom gewünschten Datensatz für Riedholz ausgewählt und heruntergeladen. Christian Lorenz bezog seine Daten ebenfalls von dieser Online-Plattform. (Institute of Cartography and Geoinformation, 2013) (Plattner, 2013)

2.4.2 ArcMap und ArcCatalog

ArcMap und ArcCatalog wurden als Anwendungen im Softwarepaket ArcGIS zur Datenverarbeitung und -verwaltung von ESRI entwickelt und kommen an der ETH und in der Wirtschaft häufig zur Anwendung. In der Masterprojektarbeit wird erstere Anwendung mit seiner Zusatzkomponente ArcScan benutzt. (ESRI, 2012)

2.4.3 FME Workbench

FME Workbench ist vergleichbar mit dem ModelBuilder aus ArcGIS und dient der Manipulation und Transformation von Objekten. Mit über 300 Funktionen besitzt die Workbench aussergewöhnlich viele Möglichkeiten, um Geodaten über komplexe Übersetzungs- und Verarbeitungsprozesse zu verändern. (TYDAC AG, 2013)

2.4.4 FME Universal Viewer

Relativ einfach in der Anwendung kann der Universal Viewer die Daten vor, während und nach der Prozessierung in der Workbench darstellen und ist zur Überprüfung und Visualisierung, nicht jedoch zur weiteren Verarbeitung wie ArcMap geeignet. (TYDAC AG, 2013)

2.4.5 Adobe Photoshop CS5

Das Programm Adobe Photoshop von Adobe Systems ist im Bereich der Bildbearbeitung von Pixelgrafiken Weltmarktführer und markbeherrschend. Es besitzt unzählige Funktionen, welche unter anderem auch in anderer Bildbearbeitungssoftware übernommen wurden.

2.4.6 Literatur

Die Masterprojektarbeit „Erstellung von Karten mit altem Stand basierend auf aktuellen Vektordaten“ von Christian Lorenz wurde im Grundlagenstudium genauer untersucht und ebenso die ersten vier Kapitel der Masterarbeit von Aline Brüngger mit dem Titel „Gletscher im Mattertal“.

Zusätzlich diente der Bericht „Zeitreihen – eine neue Herausforderung für das Bundesamt für Landestopografie swisstopo“ von Dr. phil, Diplo. Ing. ETH Martin Rickenbacher als Informationsquelle, um in die Problematik einzusteigen.

Die „Übung 2: Automatische Vektorisierung“ von ESRI auf der Website ArcGIS Resource Center konnte zusätzlich das Grundverständnis für die Funktionsweise von ArcScan vermitteln.

3 Methoden und Vorgehen

In dem folgenden Kapitel werden die benötigten Schritte beschrieben, wie die Vorgehensweise für die Zielerreichung in dieser Arbeit gewählt wurde. Dabei wird detailliert auf alle Abläufe eingegangen, vom ersten Schritt, der Farbseparierung, bis hin zur abschliessenden Nachbearbeitung der vektorisierten Kartenobjekte, so dass ein Resultat vorliegt, welches den gewünschten Anforderungen gerecht wird. In einem ersten Durchgang werden die Parameter so gesetzt, dass das Resultat für Nidau möglichst optimal ausfällt. Im zweiten Durchlauf, welcher nur einen Bruchteil der Zeit des ersten beansprucht, werden dieselben Parameter bei Riedholz verwendet. Die generierten kartografischen Darstellungen von Nidau und Riedholz werden anschliessend nach jedem Arbeitsschritt, in welchem sichtbare Veränderungen durchgeführt werden, kurz miteinander verglichen, um feststellen zu können, ob die Parameter so gesetzt wurden, dass sie allgemeingültig auch bei weiteren Kartenausschnitten gleichen Typs angewandt werden können. Ist dies der Fall, so könnte in Zukunft mit diesen Werten einiges an Zeit eingespart werden, was zu einem flüssigen Arbeitsprozess mit weiteren Karten ähnlichen Typs verhelfen würde.

3.1 Farbseparation

Die ursprünglich vorliegenden Daten lassen sich nicht direkt vektorisieren, sondern es ist zwingend erforderlich, vorgänglich eine binäre Aufspaltung der Objekte, welche in unterschiedlichen und nach Farben separierten Ebenen dargestellt werden sollen, auszuführen. Dies wird mittels Kanalberechnung in der kommerziellen Bildbearbeitungssoftware Adobe Photoshop CS5 realisiert, wobei es bei der Kanalberechnung essentiell ist, die geeigneten Einstellungen und Optimierungen sinnvoll vorzunehmen, die da insbesondere die Wahl der Farbwerte betreffen.

3.1.1 Farbmanipulation

Dazu werden in einem ersten Schritt die gegebenen Rasterkarten von Nidau und Riedholz, welche mit einer Auflösung von durchschnittlich rund 240'000 Pixel im kompressionslosen, verlustfreien TIFF-Grafikformat vorliegen, welche untersucht werden sollen, in den RGB-Modus gesetzt und mittels *Vibrance* und Channel Mixer einer Farbintensivierung unterzogen.

Mit dem Gebrauch von der Anwendung *Vibrance* können sowohl die „Lebendigkeit“ als auch die Sättigung der Kartenausschnitte erheblich gesteigert werden. Für beide Parameter wurde das Maximum von +100 gewählt, um den gewünschten Effekt zu erreichen.

Vergleich „Vibrance“

Die vorhandenen Farben Grün, Blau und Braun wirken intensiver gegenüber dem Originalbild. Man kann feststellen, dass die Grünflächen von Nidau sehr homogen wirken, während in der Rastergrafik von Riedholz teils gelbliche Farbtöne erscheinen und ein kontinuierlicher Farbverlauf zu sehen ist.

Ausserdem sind stärkere Verfärbungen der weissen Hintergrundfläche zu beobachten, welche im Originalbild noch nicht so auffallend waren:

- Grün-bläuliche Verfärbung im unteren, mittleren Bildbereich in Nidau
- Stark ausgeprägte bläuliche Verfärbung des gesamten Kartenausschnitts Riedholz nördlich der Aare

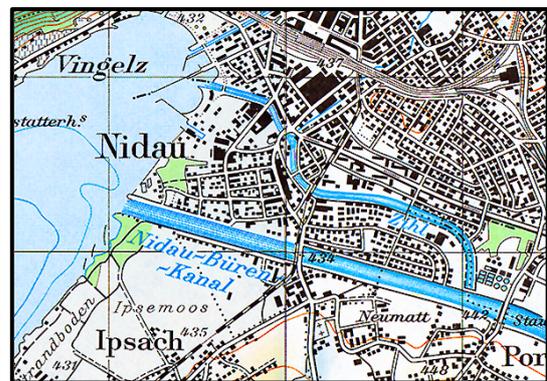


Abbildung 3
Nidau mit prägnanterer Grunddarstellung

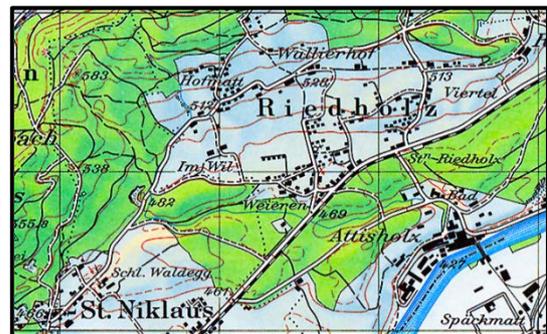


Abbildung 4
Riedholz mit prägnanter Grunddarstellung

Mit dem *Channel Mixer* kann durch Manipulation der Farbtöne Rot, Grün und Blau das Bild zusätzlich in der Farbe angepasst werden. Die Wahl der Parameter Rot +100%, Grün -200% und Blau +200% hat sich dabei als empfehlenswert erwiesen, um die in der Karte als Grün dargestellten Objekte hervorzuheben (siehe *Abbildung 5*).

Für die Vektorisierung der schwarzen Objekte wird der Bearbeitungsschritt der Farbenintensivierung weggelassen, da sich die Farbe Schwarz im späteren Prozess gut extrahieren lässt. Die braun gekennzeichneten Höhenlinien wurden in der Masterarbeit von Aline Brüngger genauer untersucht und werden aus diesem Grund hier in diesem Prozessschritt ebenfalls übersprungen.

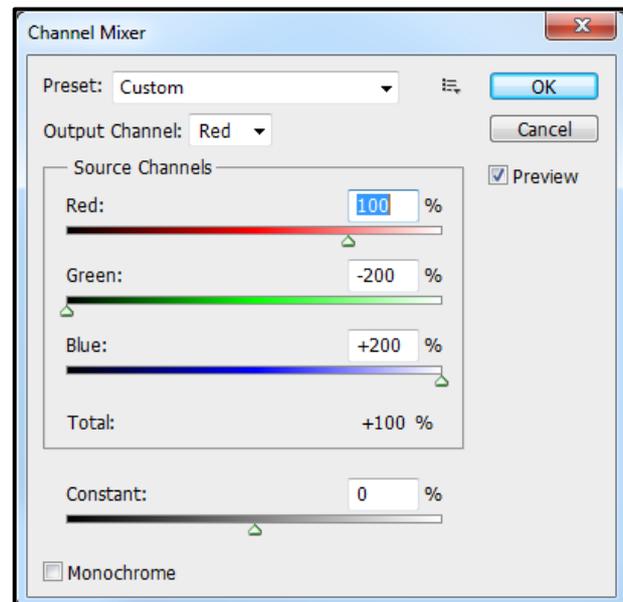


Abbildung 5
Channel Mixer aus Adobe Photoshop CS5

Vergleich „Channel Mixer“

Die Grünflächen werden mit den Flüssen zusammen hervorgehoben und der Bielersee im Kartenausschnitt Nidau unterliegt ebenfalls einer leichten Verfärbung in den violetten Bereich.

Durch die Farbmanipulation mittels Channel Mixer ist gut zu erkennen, dass in den beiden Kartenausschnitten nicht die exakt gleichen Farbwerte, insbesondere für die Grünflächen, existieren. Dies ist erstaunlich, da beide Karten aus dem-selben Jahr stammen und der Massstab identisch ist. Eine mögliche Ursache könnte das Höhenprofil dafür sein, welches bei Riedholz markanter durch eine angedeutete Geländeschattierung ersichtlich wird.

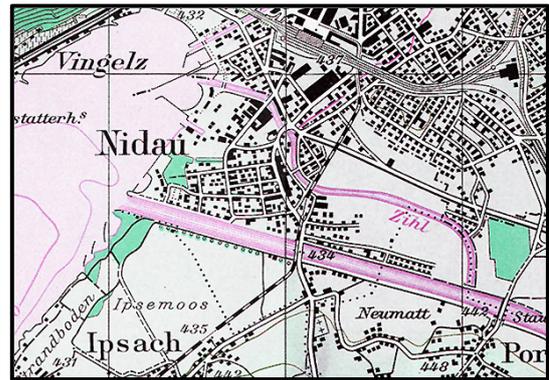


Abbildung 6
Nidau mit prägnanter Gründarstellung

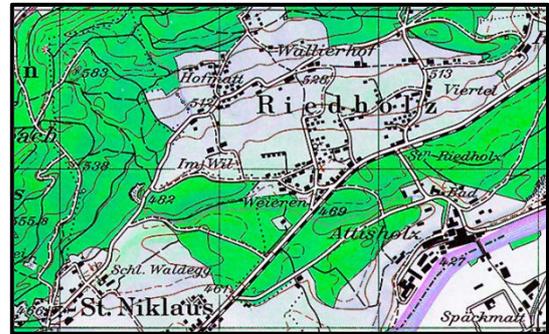


Abbildung 7
Riedholz mit prägnanter Gründarstellung

3.1.2 Kanalberechnung

Für die Farbseparation resp. Auftrennung der Kartenelemente nach den gewünschten Farben, um die verschiedenen Objektkategorien in der Karte voneinander trennen zu können, wird die Kanalberechnung von Adobe Photoshop verwendet. Durch diesen Schritt kann das erste angestrebte Resultat – eine Rasterkarte mit farbseparierten Layer – erreicht werden.

Da die Kanalberechnung häufig Anwendung im Vierfarbdruck findet, welchem meist das CMYK-Farbmodell (siehe Abbildung 8) zugrunde liegt, wird auch die Kanalberechnung grösstenteils im CMYK-Modus in Adobe Photoshop vollzogen.



Abbildung 8
CMYK-Farbseparation



Abbildung 9
RGB-Farbseparation

In der Masterprojektarbeit wurde zuerst im RGB-Modus (siehe Abbildung 9) gearbeitet und nachträglich noch ein kurzer Versuch im CMYK-Versuch gestartet, welcher jedoch leicht schlechtere Ergebnisse hervorbrachte. Dies kann jedoch auch daran liegen, dass in der ersten Variante deutlich mehr Zeit investiert wurde. Vermutlich hat allerdings die Farbe Grün der Waldflächen, welche im RGB-Modus als solche bereits vorkommt, den entscheidenden Einfluss, dass sich die Farbauftrennung im CMYK-Modus als schwieriger gestaltet.

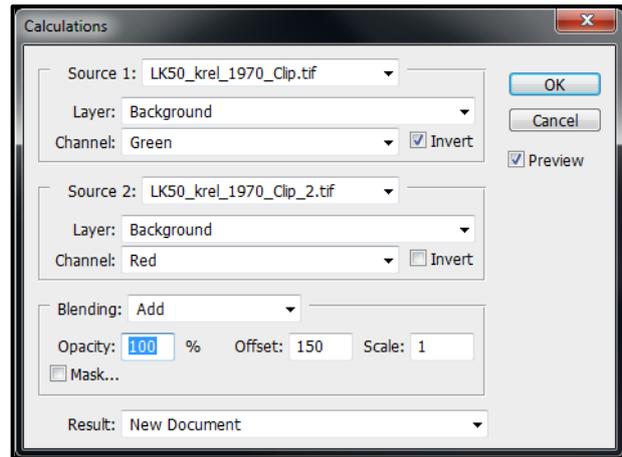


Abbildung 10
Kanalberechnung für Grünseparation

Um bei der Kanalberechnung ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erreichen, werden sämtliche möglichen Einstellungen ausprobiert und die beste für die Weiterverarbeitung angewendet. Die Farbe Braun wurde in der Masterarbeit von Aline Brünger bereits untersucht, darum werden dieselben Werte verwendet, wobei der CMYK-Modus dazu angewendet wird. Folgende Parameter wurden für die Kanalberechnung verwendet:

Parameter	Grün	Braun	Schwarz
Source 1	Originalbild	Originalbild	Originalbild
Layer	Background	Background	Background
Channel	Green invert	Yellow	Grey
Source 2	Channel Mixer-Bild	Originalbild	Originalbild
Layer	Background	Background	Background
Channel	Red	Cyan invert	Blue
Blending	Add	Add	Add
Opacity	100%	100%	100%
Offset	150	0	0
Scale	1	1	1
Mask	nicht selektiert	nicht selektiert	nicht selektiert
Result	New Document	New Document	New Document

Tabelle 3
Parameter der Kanalberechnung

3.1.3 Vergleich: Farbseparation „Grün“

Durch die Farbseparation der Farbe Grün, die nun grau dargestellt wird, wobei alles andere weiss ist, wird deutlich, wie stark die Grünflächen zerschnitten sind, welche zuvor vom Auge des Betrachters als eine zusammenhängende Fläche wahrgenommen wurden.

Zahlreiche kleine Punkte werden im Kartenausschnitt von Nidau sichtbar, welche ein unerwünschtes Rauschen hervorrufen. Bei der Farbseparation von Riedholz ist ebenfalls ein Rauschen zu vernehmen, wenn auch nicht so signifikant ausgeprägt wie bei Nidau. Dieses Rauschen lässt sich in Adobe Photoshop CS5 mit dem Median-Filter leicht bekämpfen (vgl. Abbildungen 11 und 12). Leider ist der Filter auch auf niedrigster Stufe recht grob und zerstört bei manchen Stellen strukturprägende Flächenformen.



Abbildung 11
vor dem Medianfilter



Abbildung 12
nach dem Medianfilter

Besonders bei den kleinen Grünflächen von Nidau ist gut festzustellen, dass die Flächen keine guten Kanten besitzen und etwas „ausgefranst“ sind. Die Ursache dafür ist in den eingescannten Rasterkarten zu suchen, welche bei genauerer Betrachtung des Originalbildes keine Farbfüllung bis an den Polygonrand aufzuzeigen haben, welcher durch schwarze oder beim See durch blaue Linien gekennzeichnet ist.



Abbildung 13
Grünseparation von Nidau



Abbildung 14
Grünseparation von Riedholz

3.1.4 Vergleich: Farbseparation „Braun“

Durch die Farbseparation der Farbe Braun, welche nur auf Riedholz angewendet wird und im CYMK-Modus stattfindet, lassen sich die Höhenlinien aus der Karte extrahieren. Die Linien sind stark fragmentiert, weisen teilweise grössere Unterbrüche auf, was besonders in Kurven zur Weiterverarbeitung kritisch ist. Dies liegt unter anderem daran, dass schon im Originalbild einige Höhenlinien gestrichelt sind. Zusammenhängende Objekte automatisch daraus zu generieren wird deswegen wahrscheinlich mit Schwierigkeiten behaftet sein.

Im Vergleich mit der originalen Rastergrafik von Riedholz erkennt man ausserdem, dass die blau gekennzeichneten Flüsse leichte Spuren hinterlassen, welche als unerwünschte Zusatzobjekte gewertet werden müssen. Dies liegt vermutlich am Umstand, dass die Farbe Braun eine Mischfarbe mit ungefähr gleichen Anteilen an den verschiedenen CMYK-Farben (ohne schwarz) ist. Darum wird ein gewisser Anteil an Cyan benötigt, welcher ähnlichen Farbwerten wie die der blauen Fragmente des Baches entspricht, der insbesondere bei der Durchkreuzung des Waldes Mischfarben aufweist.



Abbildung 15
Braunseparation von Riedholz

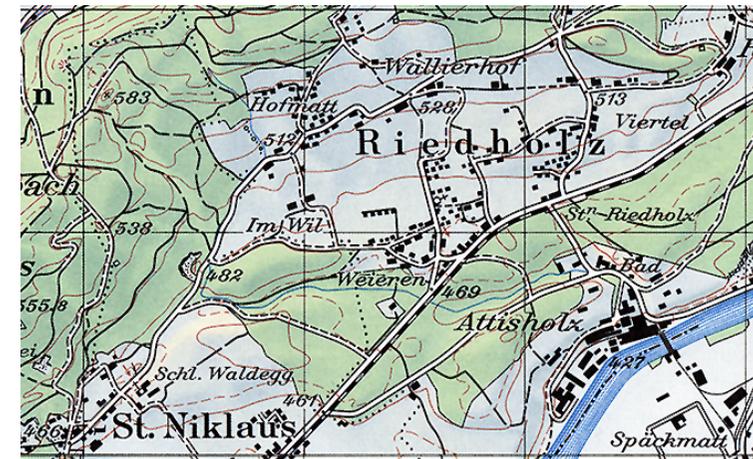


Abbildung 16
Braunseparation von Riedholz

3.1.5 Vergleich: Farbseparation „Schwarz“

Die Farbseparation von Schwarz ist vergleichsweise einfach umzusetzen und erzielt mit Abstand die besten Resultate. Die braunen Höhenlinien sind zwar zu erkennen und wirken störend, haben jedoch einen deutlich helleren Grauwert und können dadurch leicht entfernt werden. Einziger, jedoch wichtiger Nachteil ist bei der Schwarzseparation, dass verschiedenste Objekte in der Karte schwarz markiert sind, und somit keine Auftrennung der Objektklassen in diesem Abschnitt des Prozesses gelingen kann.

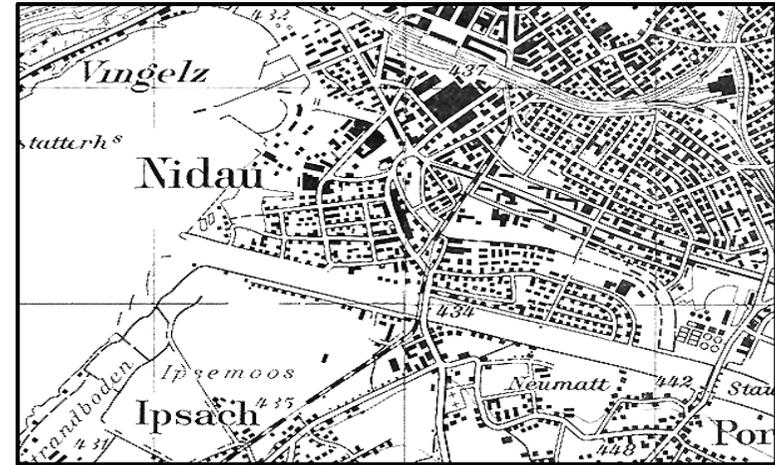


Abbildung 17
Schwarzseparation von Nidau

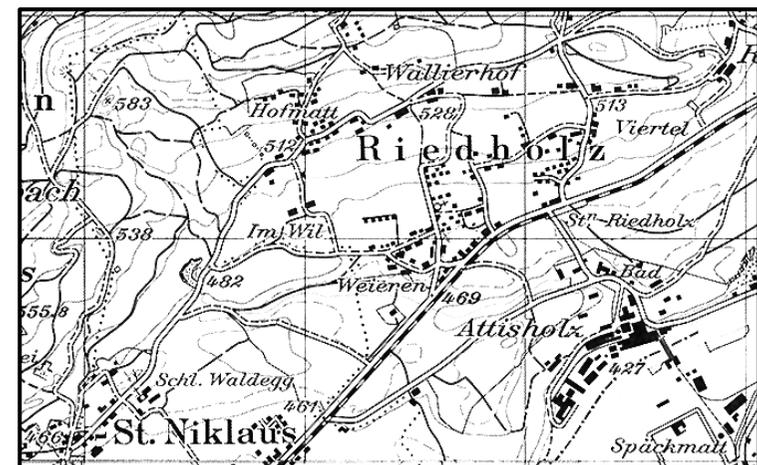


Abbildung 18
Schwarzseparation von Riedholz

3.1.6 Filter

In einem weiteren Schritt wird versucht, die fragmentierten Grünflächen zusammenzusetzen. Dazu werden die zahlreichen Filter von Adobe Photoshop getestet, welche über die Vorschau schnell nach ihrem Ergebnis getestet werden können. Allerdings sind diese nicht zufriedenstellend. Einerseits sind die Prozesse hinter den Transformationen unklar und die Funktionsweise der Filter ist nicht nachvollziehbar. Andererseits genügen die Resultate den geforderten Ansprüchen nicht, da die Flächen zwar teilweise zusammengefügt werden allerdings auch an Form und Prägnanz verlieren. Deswegen wird im weiteren Ablauf die Vektorisierung ohne Filter vorgenommen.



Abbildung 19
Grünfläche vor Filter



Abbildung 20
Grünfläche nach Filter

Als Beispiel wird hier der Effekt des Conté-Crayon-Filters aufgezeigt, welcher als einer der besten Filter für diesen Arbeitsschritt getestet wird. Deutlich zu sehen sind hier im westlichen Bereich des Kartenausschnitts von Nidau die Abrundungen resp. das Ausdehnen der Objekte, welche zu einem Flächenzuwachs der Grünflächen führen. In der nordwestlichen Ecke der Rastergrafik verschwinden zwar einige Leerräume durch das Aufquellen, jedoch bleiben Lücken bestehen.

3.2 Vektorisierung

Die automatische Vektorisierung ist das Kernstück dieser Masterprojektarbeit. Erst durch sie erhalten wir digitalisierte Objekte, welche als Strasse, Gebäude, Höhenlinie oder Wald attribuiert werden können. Für diesen Arbeitsschritt wird das Tool *ArcScan* aus dem Softwareprogramm *ArcMap* verwendet. Vorher sind jedoch noch einige Vorbereitungen zu treffen.

3.2.1 Vorbereiten der Vektorisierung

Die in Kapitel 3.1 aufbereiteten, farbseparierten Layer können nun mit ihren namensgleichen TFW Files zusammen in *ArcMap* für die weitere Verarbeitung geladen werden. Da *ArcScan* nur binäre Objekte vektorisieren kann, das heisst, nur Eingabelayer akzeptiert, welche ihre Objekte in zwei Klassen kategorisiert haben, ist es notwendig, eine Klassifizierung vorzunehmen.

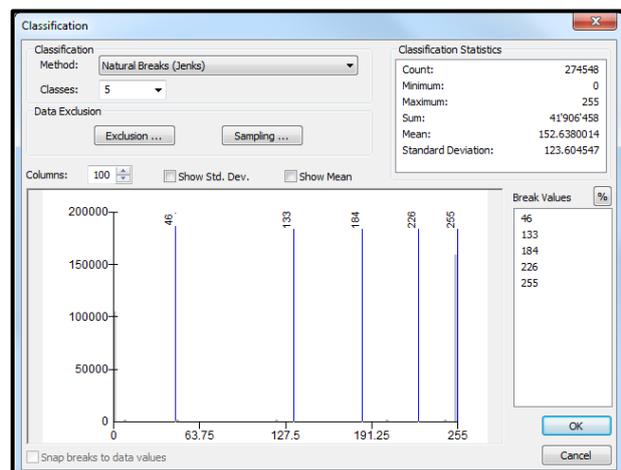


Abbildung 21
Klassifizierung des Farbverlaufs

Die separierten Layer weisen Objekte mit einem farblichen Verlauf von Weiss bis Schwarz auf, welche von *ArcMap* automatisch in fünf Klassenintervalle des Grauwerts aufgeteilt werden. Diese Werte müssen nun in zwei Klassen geteilt werden. Dafür haben sich die Einteilungen nach *Quantilen* für die schwarzseparierten Objekte, durch *Natural Breaks* (Jenks-Caspall-Algorithmus) für grünseparierte und *Standardabweichung von 1 σ* für die braunen Layer bewährt.

3.2.2 Raster Cleanup

Mit der Funktion *Raster Cleanup* des Tools *ArcScan* können Rasterdaten von störenden Objektpartikeln gesäubert werden. Dazu selektiert man nach dem Beginn einer Editor-Session über die Einstellung „less than“ alle Pixelhaufen, welche kleiner einer gewünschten Anzahl entsprechen und schätzt anhand der Vorschau das Resultat ab. In dieser Arbeit hat sich „less than 10 pixel“ als optimaler Parameter für die schwarz- und grünseparierten Layer erwiesen. Für die Höhenlinien wurde aufgrund der kleineren Elemente „less than or equal to 2 pixel“ gewählt. Nach der Selektion werden mittels „Erase“-Funktion die ausgewählten Pixel aus der Karte gelöscht.

Es sollte beachtet werden, dass dieser Vorgang mehrfach wiederholt werden muss, da an manchen Stellen im Bild offensichtlich die Pixelhaufen kleiner werden, aber nicht vollends verschwinden.

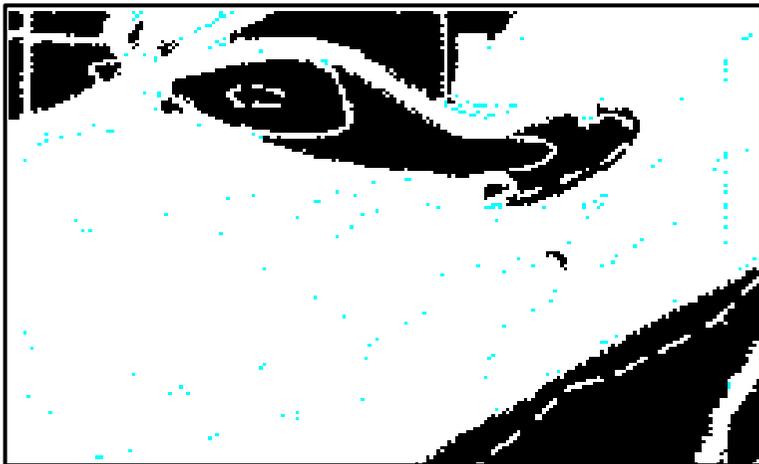


Abbildung 23
Selektierte Objekte durch Raster Cleanup

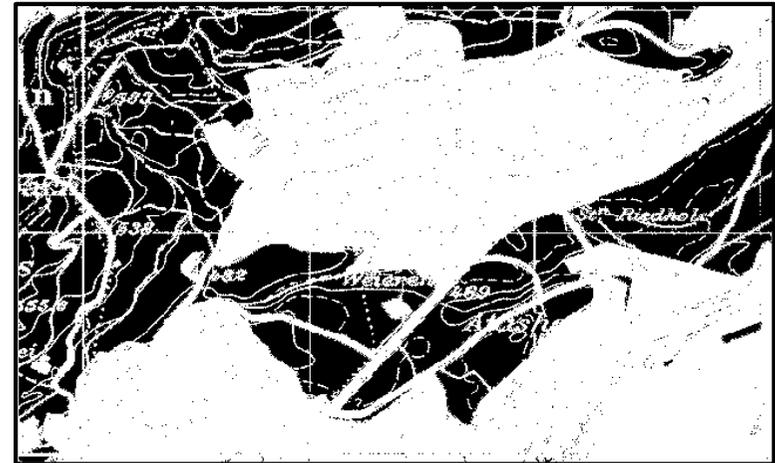


Abbildung 22
Riedholz vor dem Raster Cleanup



Abbildung 24
Riedholz nach dem Raster Cleanup

3.2.3 Shapefile-Generierung

Als letzte Ergänzung, bevor die Vektorisierung der Rasterdaten durchgeführt werden kann, müssen leere Shapefiles für die Berechnung und Speicherung der Resultate erstellt werden. Dazu ist es wichtig, dass für jede Vektorisierung (egal ob nur Linien oder nur Flächen vektorisiert werden sollen), sowohl ein Polyline- als auch ein Polygon-Shapefile bereitgestellt werden. Dieser Umstand bescherte einige Fehlermeldungen und einen unerwartet hohen Zeitaufwand, da erstellte Shapefiles teilweise von ArcScan nicht erkannt oder akzeptiert wurden. (wikipedia.org, 2013)

3.2.4 ArcScan

Das Softwarewerkzeug ArcScan ermöglicht die manuelle, wie auch die automatische Vektorisierung. Diese Arbeit ist auf die automatische Vektorisierung ausgelegt und kann durch zahlreiche Einstellungsmöglichkeiten unterschiedliche Objektformen von Rasterdaten zu Vektordaten konvertieren. Anspruchsvoll ist dabei das Finden des geeigneten Parametersets.

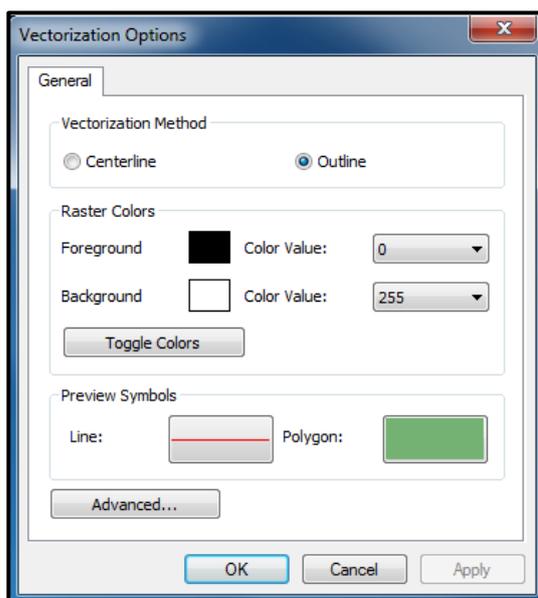


Abbildung 25
Optionen der Vektorisierung

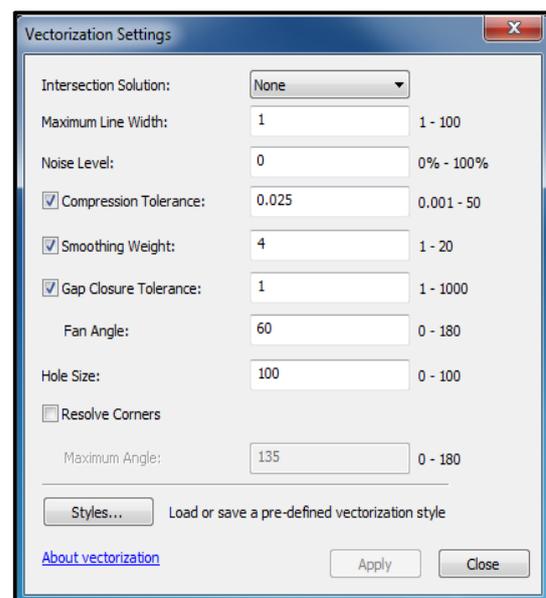


Abbildung 26
Einstellungen für die Vektorisierung

Die Vektorisierung des Layers für die schwarzen Elemente, welcher sowohl kleine Flächen als auch Linien vorzuweisen hat, gestaltet sich als erheblich schwieriger und beansprucht schlussendlich deswegen zwei verschiedene Parameterwahlen: die einen Parameter eignen sich gut für die Vektorisierung der Polygone und nur mangelhaft für die Polylines und umgekehrt.

Parameter	Grün	Braun	Gebäude	Strassen
Vector. Method	Outline	Centerline	Centerline	Centerline
Intersect Solution	None	None	Geometrical	Geometrical
Max. Line Width	1	100	3	10
Noise Level	0	30	20	10
Compression T.	0.025	0.05	0.025	0.025
Smoothing Weight	4	3	1	3
Gap Closure T.	1	20	nicht selektiert	nicht selektiert
Fan Angle	60	90	–	–
Hole Size	100	0	0	0
Resolve Corners	nicht selektiert	nicht selektiert	nicht selektiert	nicht selektiert

Tabelle 4
Parameter für die Vektorisierung

Die Einflüsse der unterschiedlichen Parameter wurden bereits in der Masterarbeit von Aline Brüngger detailliert erläutert und sollen darum hier nicht wiederholt untersucht werden.

3.2.5 Bug in ArcScan

Einzig auf einen gefundenen Bug wird hier verwiesen, welcher die Einstellung „Hole Size“ betrifft. Bei dieser Einstellung konnte beobachtet werden, dass sowohl die Vorschau wie auch der vektorisierte Layer fehlerhaft sind, wenn man den Wert, welcher minimal 0 und maximal 100 beträgt, zu hoch ansetzt. Ist der Default-Wert zuerst auf 0 und man möchte die Vorschau für den Wert 100 sehen, sind keine Veränderungen sichtbar (*siehe Abbildung unten links*). Benutzt man hingegen schrittweise die Werte 0, 10, 20, 30... bis 100, fällt bei jedem Schritt das Resultat etwas anders aus (*siehe Abbildung unten rechts*).



Abbildung 27
Optionen der Vektorisierung

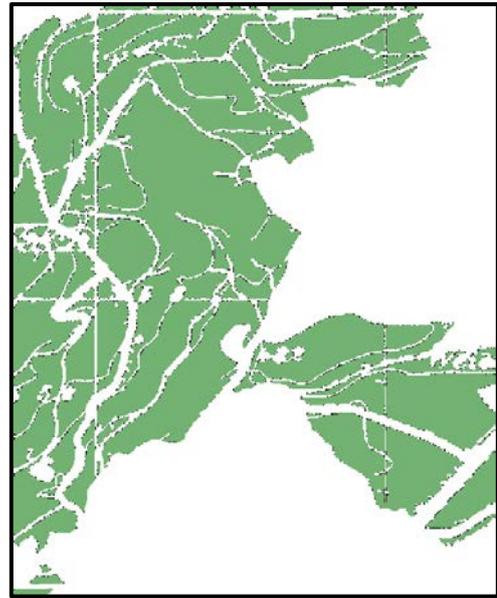


Abbildung 28
Einstellungen für die Vektorisierung

Sind der richtige Layer im Editiermodus, die Shapefiles richtig angelegt und die Parameter so gesetzt, dass die Vorschau ein akzeptables Resultat anzeigt, kann über die Funktion „Generate Features“ die Vektorisierung begonnen werden. Nach einem kurzen Moment ist die Berechnung abgeschlossen und die vektorisierten Layer können betrachtet werden.

3.3 Analyse der Zwischenergebnisse – Nidau

Die Vektorisierung der schwarzen Flächen (Gebäude) gelingt erstaunlich gut mit den gewählten Parametern, auch wenn die Ortsnamen ebenfalls im Bild erscheinen.

Mit den für die Strassen möglichst optimal gesetzten Werten kann ausserdem eine Vektorgrafik erzeugt werden, wo die Strassenführungen von Auge klar ersichtlich sind. Gradnetz, Fluss- und Seeufer und Ortsbezeichnungen sind bedauerlicherweise auch im Shapefile enthalten.

Die zerstückelten Grünflächen können zwar in Vektordaten überführt werden, das Fusionieren resp. Zusammensetzen der Fragmente funktioniert mit ArcScan jedoch nicht zufriedenstellend.

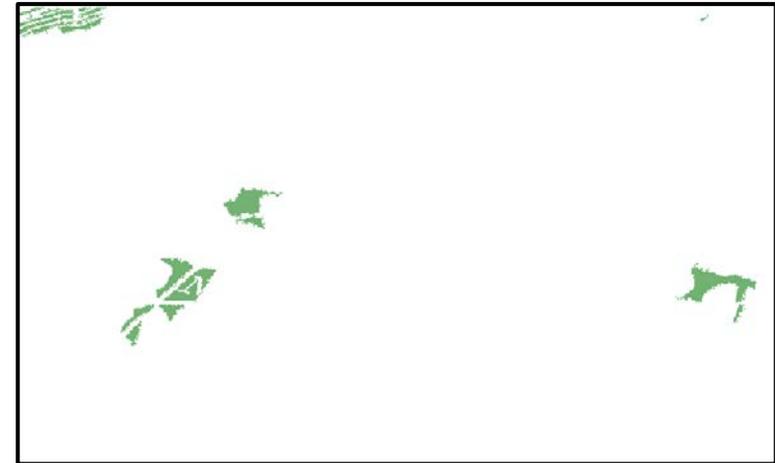


Abbildung 29
Vektorisierte Grünfläche Nidau



Abbildung 30
Vektorisierte schwarze Polygone Nidau

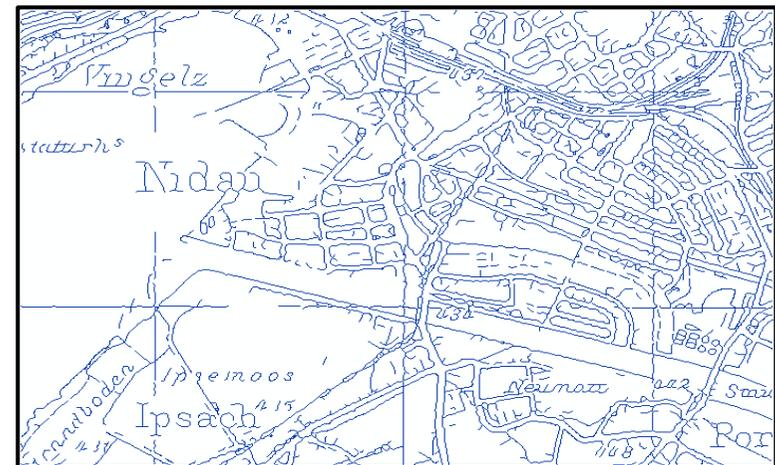


Abbildung 31
Vektorisierte schwarze Polylines Nidau

3.4 Analyse der Zwischenergebnisse – Riedholz

Mit den exakt gleichen Parametern wurden die farbseparierten Objekte von Riedholz vektorisiert. Für die Grünflächen gilt dasselbe Urteil wie bei Nidau: sie sind noch zu stark durchschnitten und müssen daher wohl mit zusätzlichem Aufwand bearbeitet werden.

Auch das Strassen- und Wegenetz besitzt dieselben Eigenschaften wie jenes bei Nidau.

Die vektorisierten Polygone hingegen sind stark fehlerbehaftet. Viel zu viele Objekte wurden als Polygone erkannt. Das bedeutet, dass die gewählten Parameter für Nidau teilweise ungeeignet für andere Kartenausschnitte sind. Das schlechte Resultat kann daran liegen, dass die schwarzen Linien in Riedholz teils dicker, unregelmässiger und verschmiert wirken und deswegen als Polygone erfasst wurden anstelle von Polylines.



Abbildung 32
Vektorisierte Grünfläche Riedholz

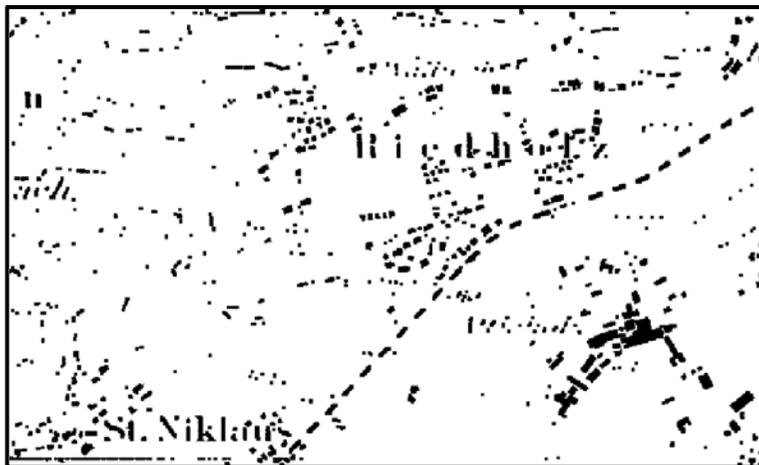


Abbildung 33
Vektorisierte schwarze Polygone Riedholz

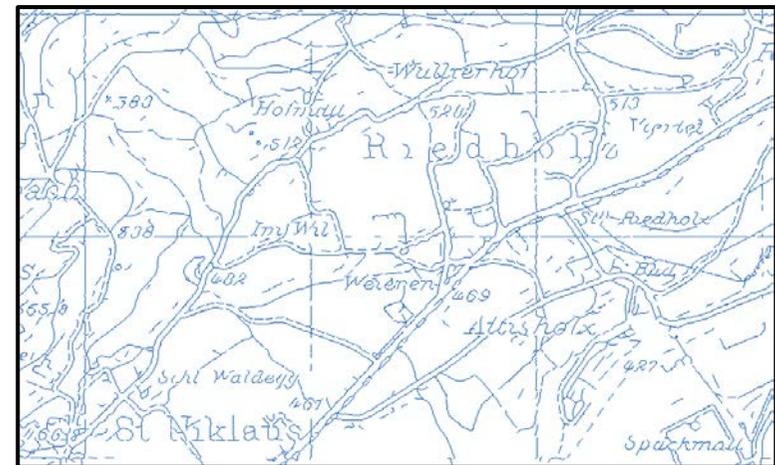


Abbildung 34
Vektorisierte schwarze Polylines Riedholz

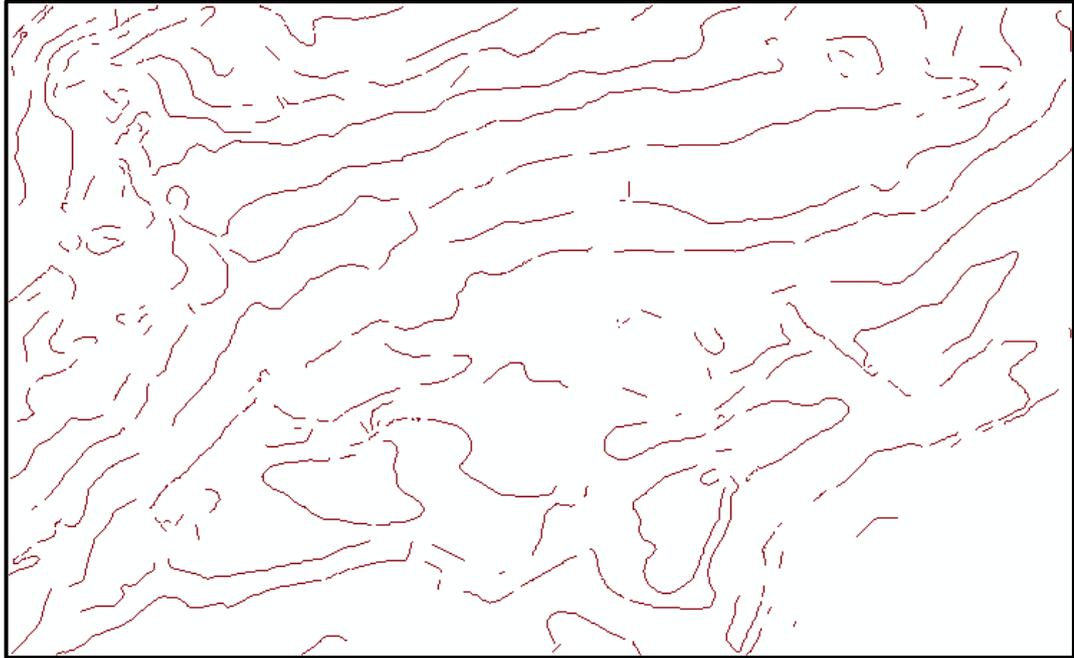


Abbildung 35
Vektorisierte Höhenlinien Riedholz

Die stark fragmentierten Höhenlinien konnten teilweise zusammengefügt werden. Wird der Parametersatz jedoch noch stärker darauf ausgelegt, dass einzelne Elemente zusammen verknüpft werden, gibt es haufenweise Fehlinterpretationen und falsche Verbindungen. Von Auge lässt sich ein Höhenprofil durch die vektorisierten Höhenlinien erahnen. Automatisch kann dieser Prozess wahrscheinlich nicht vollzogen werden oder es ist mit einem Resultat schlechter Qualität zu rechnen.

Um die Höhenlinien weiterverwenden zu können, um beispielsweise daraus ein digitales Höhenmodell generieren zu können, muss einiges an manueller Arbeit aufgewendet werden, wobei dann am besten bereits mit den Rasterdaten gearbeitet wird, da dort der Informationsgehalt am besten erhalten ist.

3.5 Nachbearbeitung

Für die vektorisierten Grünflächen wird eine Weiterverarbeitung empfohlen, um die Qualität der Ergebnisse zu steigern. Ziel ist es, die fragmentierten Teilstücke zu einem Ganzen zusammenzufügen. Dies wird mit der Anwendung von verschiedenen Buffern untersucht. Als ausführende Software wird in dieser Arbeit die *FME Workbench* verwendet, wobei der *FME Universal Viewer* die Resultate visualisiert.

3.5.1 Bufferanwendung

Das Prinzip der Anwendung von Buffern ist relative simpel. In einem ersten Schritt werden sämtliche vorhandenen Objekte der gleichen Kategorie zugeordnet bzw. zusammengefügt. Der zweite Schritt sieht so aus, dass ein Buffer benutzt wird, um an allen Randlinien der Teilfragmente einen Randstreifen beliebiger Breite hinzuzufügen. Je nach Distanz und Wahl der Parameter für den Buffer können auf diese Weise die Trennlinien, welche durch Straßen, Gradnetz oder Höhenlinien entstanden sind, eliminiert werden. Das Problem ist hierbei, dass die Flächen nicht nur gegen innen zusammenwachsen, sondern auch am äusseren Rand ein zusätzlicher Buffer-Streifen die Waldfläche vergrößert. Um diesen Umstand zu beheben, wird der gleiche Buffer mit umgekehrtem Vorzeichen wiederholt angewandt, wodurch der äussere Rand wieder abgezogen wird. Da im Innern des Waldareals die Lücken geschlossen wurden und eine homogene Fläche somit entstanden ist, wirkt der Buffer dort nicht mehr.

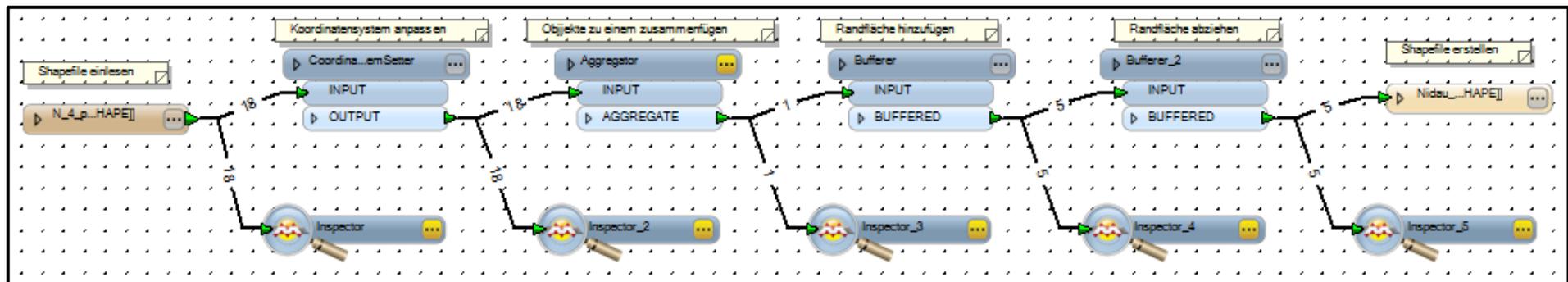


Abbildung 36
FME Workbench Diagramm

3.5.2 Analyse der Nachbearbeitung

Der Buffer wird für 10, 15, 20, 25 und 30 m auf Riedholz angewendet, wodurch unterschiedlich Resultate erzeugt werden. Die Buffer für 10, 15 und 30 m Distanz sind interessant und aussagekräftig, weshalb sie hier erläutert werden. Für den Vergleich besser auswerten zu können, werden die gebufferten Shapefiles von der Originalkarte hinterlegt.

Buffer 10 m

Strassen und befahrbare Wege, welche durch zwei parallele Linien in der Karte gekennzeichnet sind, spalten das Waldgebiet auf.

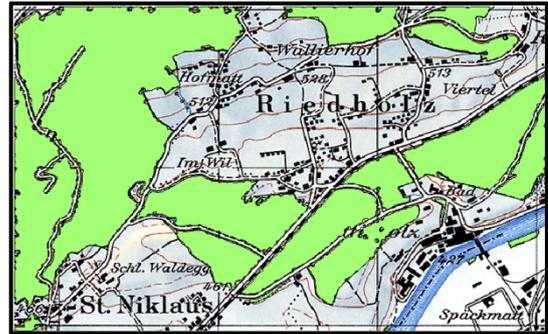


Abbildung 37

Riedholz mit Buffer 10 m

Buffer 15 m

Nimmt man für den Buffer einen Wert von 15 m, schliesst sich die Grünfläche fast überall. Nur die Eisenbahnlinie, die Nationalstrasse und Teile von Asphaltstrassen bleiben weiterhin frei.

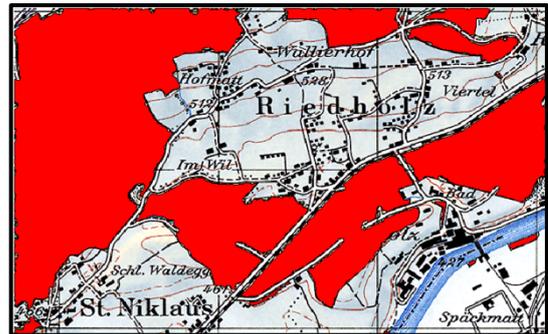


Abbildung 38

Riedholz mit Buffer 15 m

Buffer 30 m

Mit einem Buffer von 30 Metern werden auch Lücken wie die durch die Nationalstrasse oder die Zuglinie geschlossen.

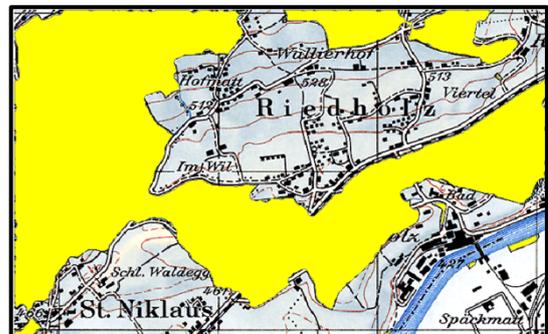


Abbildung 39

Riedholz mit Buffer 30 m

Im vierten Bild sieht man die drei durch verschiedenen Buffer generierten Waldflächen übereinander gelegt und erkennt die Unterschiede im inneren Grünbereich gut. Die Aussengrenzen sind bei allen fast identisch.

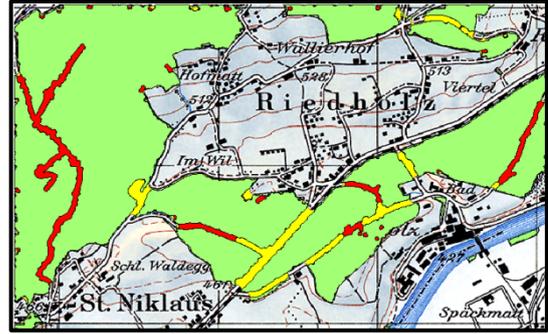


Abbildung 40
Riedholz mit Buffer 10, 15 und 30 m

Für Nidau werden dieselben Buffer angewendet. Die Unterschiede fallen jedoch deutlich geringer aus als bei Riedholz. Darum wird hier nur als Beispiel ein signifikanter Bereich aus der Karte einmal mit dem 10-m-Buffer und einmal mit dem 30-m-Buffer gezeigt.

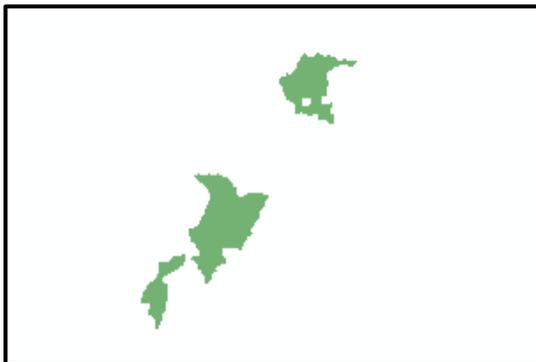


Abbildung 41
Nidau mit Buffer 10 m

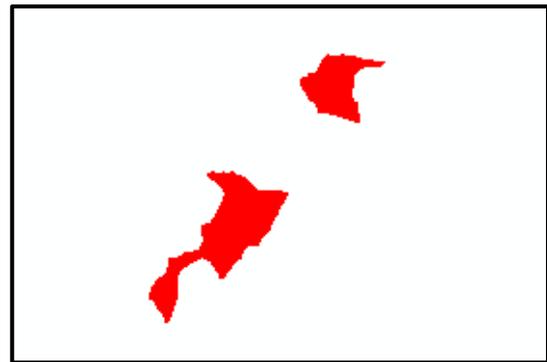


Abbildung 42
Nidau mit Buffer 30 m

4 Ergebnisanalyse

In der Ergebnisanalyse werden nochmals alle Schlussresultate bewertet, ob sie als ausreichend oder als ungenügend befunden werden, und ob damit die postulierten Ziele erreicht werden konnten. Des Weiteren werden ungelöste Ziele und Probleme, wie auch mögliche weitere Arbeitsschritte erläutert.

4.1 Vergleich mit anderen Arbeiten

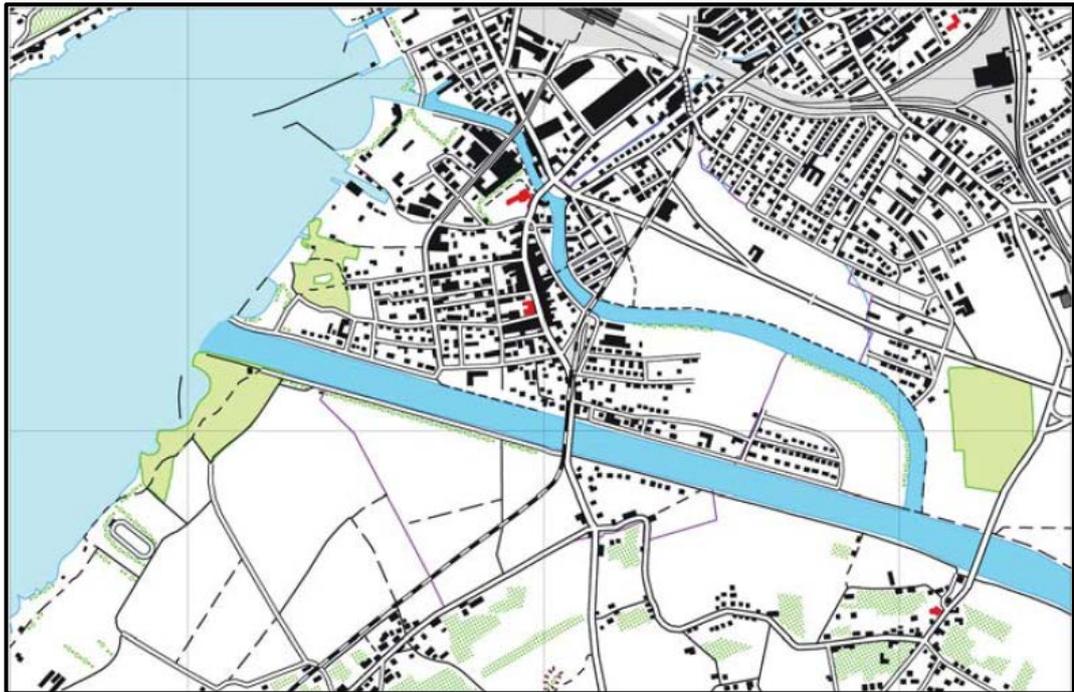


Abbildung 43
Manuell erstellte Vektordaten

Abbildung 43 zeigt den manuell vektorisierten Kartenausschnitt von Christian Lorenz, welcher Nidau im Jahr 1956 zeigt. Die Grafik wirkt schlicht und übersichtlich. Im Gegensatz dazu sieht die automatisch vektorisierte Karte (vgl. *Abbildung 44*) sehr zittrig aus, ohne gerade Linienführung und dafür mit stark abgehackten Kurven.

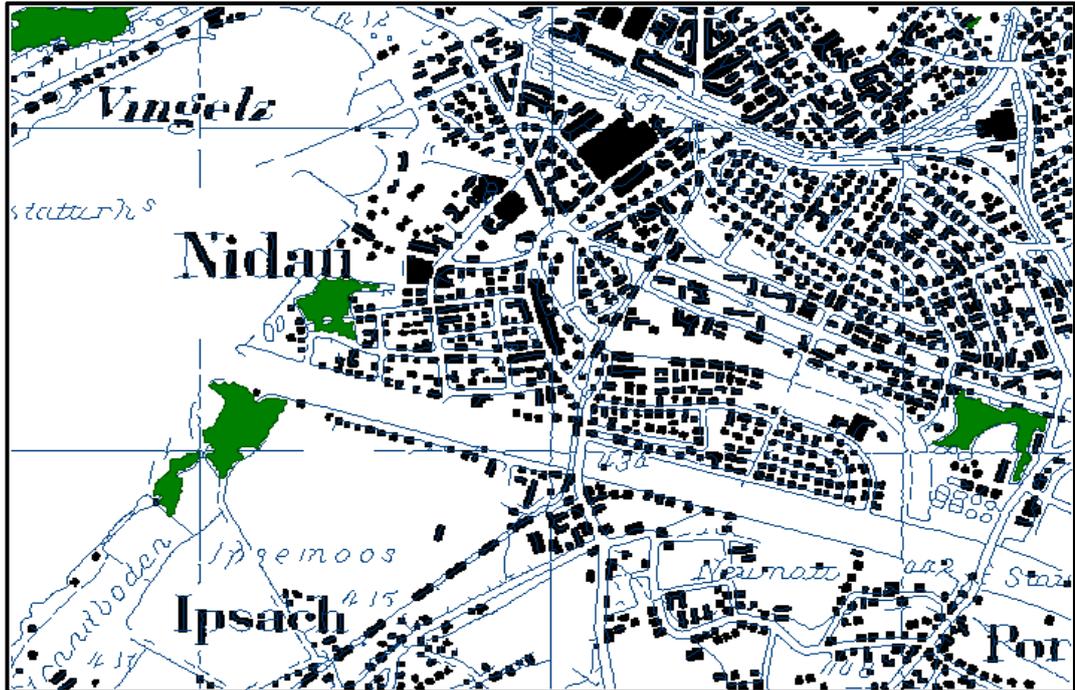


Abbildung 44
Automatisch vektorisierte Kartenobjekte

Die Grünflächen in *Abbildung 44* weisen keine gerade gezogenen Randlinien auf wie das manuell erstellte Bild. Allerdings liegt dies unter anderem daran, dass die gebufferten Shapefiles von Nidau fehlerhaft in ArcMap angezeigt werden, und darum auf eine ungebufferte Version zurückgegriffen werden musste. Im FME Universal Viewer, welcher Geodaten leicht anders als ArcMap anzeigt, funktioniert die Visualisierung der Shapefiles.

Gewässergrenzen (See- und Flussufer) weisen eine ähnliche Qualität in beiden Abbildungen auf, dasselbe gilt für die schwarz gekennzeichneten Gebäude, welche bei der manuellen Vektorisierung äusserst viel Zeit beanspruchen.

4.2 Zielerreichung

4.2.1 Vorgenommene Ziele

- Arbeitsschritte für automatische Vektorisierung eruieren
- Farbseparation und Vektorisierung der Farbe Grün
- Farbseparation und Vektorisierung der Farben Braun und Schwarz
- Möglichkeiten und Grenzen der automatischen Vektorisierung aufzeigen
- Vergleich zwischen Riedholz und Nidau bei Anwendung gleicher Parameter
- Rasterkarte mit farbseparierten Layer
- Vektorkarte evtl. auf gewisse Objekte reduziert
- Vergleich einer automatisch generierten Vektorkarte mit einer manuellen

4.2.2 Erreichte Ziele

Bis auf die Zusatzziele

- Zeitreihe einer Siedlung mit einheitlicher Symbolisierung
- Extraktion statistischer Werte wie z.B. Flächenzuwachs der Siedlungsfläche oder die Abnahme der Gewässeroberfläche

konnten alle Ziele gut oder zumindest teilweise erfüllt werden.

4.3 Ungelöste Ziele und weitere Problemstellung

Die Resultate der Vektorisierung der Strassen und der Höhenlinien sind unbefriedigend. Bei den Strassen liegt das Problem darin, dass die Gebäude in der Karte mit dem schwarzen Rand der Strassen verschmelzen und dadurch ein grosses Objekt – ohne exakte Abgrenzung von der Umgebung – entsteht. Mit ArcScan kann man zwar die Linien von den Polygonen trennen, jedoch wird die vektorisierte Linie jeweils leicht zum angrenzenden Polygon hin gelenkt. Dadurch entstehen gewellte Linien, wo eigentlich Geraden oder nur leicht gekrümmte Linien generiert werden sollten. Es ist zu vermuten, dass einige Softwareprogramme existieren, welche diese Linien nach der Vektorisierung sinnvoll glätten könnten.

Des Weiteren sind die Ortsnahmen äusserst störend. Es wurden verschiedene Versuche – zum Beispiel mit der OCR Texterkennung von Adobe Acrobat X Pro – unternommen, um die Schriftzeichen herauszufiltern, welche jedoch scheiterten (Adobe, 2013). Prof. Dr. Lorenz Hurni erwähnte in der Diskussionsrunde nach der Präsentation der Masterprojektarbeit eine ältere Arbeit, die vor rund 20 Jahren an der ETH zu genau diesem Sachverhalt der Extraktion von Textzeichen aus Landkarten geschrieben wurde. Es wäre interessant zu sehen, ob die angesprochene Arbeit kombiniert mit der automatischen Vektorisierung zum Einsatz kommen könnte, indem vor der Vektorisierung bereits die störenden Buchstaben aus dem schwarzseparierten Layer herausgelöscht werden.

Die Problematik der Höhenlinien in Riedholz wurde bereits unter dem Abschnitt *Analyse der Zwischenergebnisse – Riedholz* erläutert. Möglicherweise gibt es zu diesem Sachverhalt bereits vor der Vektorisierung Programme oder Tools (beispielsweise in der FME Workbench), die zusammenhängende Linien mit einem geringen Anteil an Fehlinterpretationen erstellen können.

4.4 Nutzen der Arbeit

Die Arbeit kann als Informationsquelle für den Ablauf der automatischen Vektorisierung betrachtet werden. Durch die bereits getesteten Parameterwerte, ist auch bei leicht anderen Kartendarstellungen (z.B. veränderter Massstab oder andere Einfärbung), die Repetition der Arbeitsschritte deutlich schneller und einfacher zu verrichten.

Des Weiteren kann die Arbeit als Ausgangspunkt für eine weitere Untersuchung dienen, wie es anfangs das Projekt von Christian Lorenz für diese Arbeit war.

5 Fazit

Ziel der vorliegenden Masterprojektarbeit war die automatische Vektorisierung von Rasterdaten. Während des Arbeitsprozesses mussten einige Hürden überwunden werden. Technische Schwierigkeiten mit ArcMap verzögerten einige Male das Vorankommen im Arbeitsfluss und mussten mit deutlich mehr Zeit behoben werden, als zu Beginn vermutet wurde. Dafür funktionierten die Vektorisierung von den Häusern und die Nachbesserung der Grünflächen besser als erwartet.

Die automatische Vektorisierung besitzt grosses Potential in Kombination mit weiteren Anwendungen oder manueller Nachbesserung. Die nötigen folgenden Arbeitsschritte müssen dafür zuerst genauer getestet werden, was bestimmt interessante Inhalte für eine nachfolgende Projektarbeit bereithalten würde.

6 Quellenverzeichnis

- Adobe. (2013). *Text in gescannten Dokumenten erkennen*. Abgerufen am 31. 05 2013 von http://help.adobe.com/de_DE/acrobat/pro/using/WS2A3DD1FA-CFA5-4cf6-B993-159299574AB8.w.html#WS58a04a822e3e50102bd615109794195ff-7f6d.w
- ESRI. (7. 10 2012). *ArcGIS Resource Center*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://help.arcgis.com/de/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//000w0000001000000>
- EWG Riedholz. (24. 05 2013). *Gemeinde Riedholz*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://riedholz.ch/>
- Graf, C. (2013). *Stadt Nidau*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://www.nidau.ch>
- Greenberg, H. (31. 1 2003). *tfw files*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://gis.ess.washington.edu/data/raster/drg/tfw.html>
- Institute of Cartography and Geoinformation. (15. 3 2013). *GeoVITe - ETH Geodata Portal*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <https://geodata.ethz.ch/geovite/>
- itwissen.info. (2013). *TIFF-Dateiformat*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/tagged-image-file-format-TIFF-TIFF-Dateiformat.html>
- Lorenz, C. (2012). *Erstellung von Karten mit altem Stand basierend auf aktuellen Vektordaten*. Zürich.
- Miller, E. (2013). *TIFF Files*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://graphicdesign.about.com/od/Definitions/g/Tiff-Files.htm>
- OCAD AG. (2013). *Nachführung topographischer Landeskarten*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://www.ocad.com/de/referenzen/17-de/106-nachfuehrung-topographischer-landeskarten>
- Plattner, P. B. (2013). *ETH World*. Abgerufen am 31. 5 2013 von http://archiv.ethworld.ethz.ch/projects/details_DE5a34.html?project_id=170
- swisstopo. (2013). *Geschichte swisstopo*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/swisstopo/history/hist4.html>
- TYDAC AG. (2013). *tydac.ch*. Abgerufen am 31. 5 2013 von http://www.tydac.ch/?q=de/fme_desktop
- wikipedia.org. (15. 3 2013). *Shapefile*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://en.wikipedia.org/wiki/Shapefile>
- wikipedia.org. (7. 4 2013). *Tagged Image File Format*. Abgerufen am 31. 5 2013 von http://de.wikipedia.org/wiki/Tagged_Image_File_Format
- wikipedia.org. (31. 3 2013). *Wikipedia*. Abgerufen am 31. 5 2013 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Nidau>
- wikipedia.org. (29. 5 2013). *Wikipedia*. Abgerufen am 31. 5 2013 von http://de.wikipedia.org/wiki/Riedholz_SO
- Bildquelle Abb. 8 & 9: (31.05.2013). <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/429713>*

Copyright und Quelle der in der Arbeit verwendeten Geodaten:

Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA100120).
Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Art 30 GeolV): 5704 000 000.