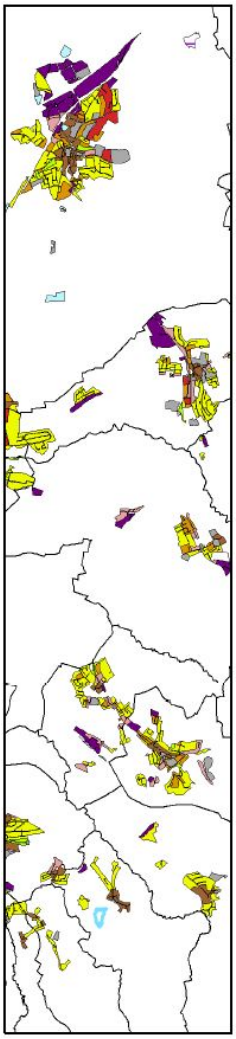
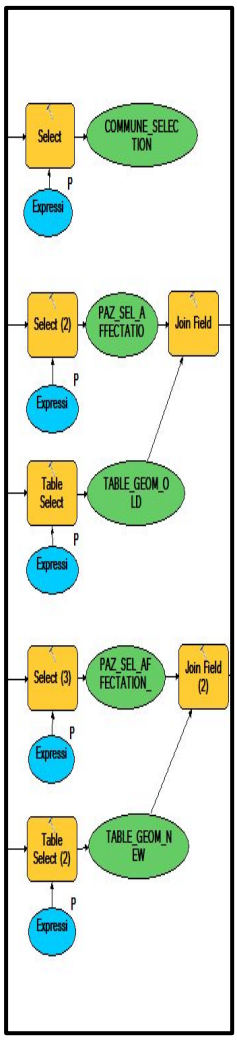
HSR
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK
RAPPERSWIL

CAS GIS in der Planung 2016/2017

GIS-UNTERSTÜTZTE PRÜFUNG VON ÄNDERUNGEN EINER ORTSPLANUNG





Abschlussarbeit von

Rafael Bon

Betreuung: Yves Maurer

INHALTSVERZEICHNIS

1. Abstract 3

2. Hintergrund des Projektes 4
2.1. Ausgangslage 4
2.2. Hauptanlass 4

3. Ziele des Projektes 5
3.1. Hauptziel 5
3.2. Generelle Fragestellung (project question) 5
3.3. Spezifische Fragen 5
3.4. Projektabgrenzung (Nichtziele) 5

4. Form 6
4.1. GIS-spezifische Aufgabestellung 6
4.2. Die richtige Flughöhe bestimmen 7
4.3. Die Geodaten beschaffen 7
4.4. Die gewünschte Werkzeugkiste festlegen 7

5. Schwerpunkt 7
5.1. Eine Raumplanungsanalyse 7
5.2. Hauptindikatoren 8

6. Methodenbeschreibung 8
6.1. Methodik und Systemanforderungen 8

7. Prozessdokumentation 8
7.1. Modell der Ordnerstruktur und Sprachwahl 8
7.2. Automatisierte Vektoranalyse einer Ortsplanung 9
7.3. Berechnung des potentiellen Bevölkerungswachstums 12
7.4. Endprodukte 14

8. Eigene Erkenntnisse 15
8.1. Generelle GIS-Kenntnisse und GIS-Fertigkeiten 15
8.2. Projektspezifische Erkenntnisse 15
8.3. Erweiterungsmöglichkeiten 16
8.4. Anwendungsbereich und Auswertung 16

9. Anhang 18

1. Abstract

Diese Abschlussarbeit betrifft die Raumplanung und hat die GIS-unterstützte Analyse von Änderungen einer Ortsplanung (OP) zum Thema.

Hauptanlass dafür ist mein Arbeitsalltag als Raumplaner für den Kanton Freiburg, wo ich hauptsächlich die Prüfung der verschiedenen OP der deutschsprachigen Gemeinden vornehme. Diese Prüfung erfolgt aktuell noch in Papierform und wird künftig wegen der ausstehenden Anpassung an die übergeordnete Gesetzgebung immer mehr in digitaler Form stattfinden. Daher hat sich das Ziel der Optimierung der Prüfung der OP durch gezielte Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation der Geodaten anhand geographischer Informationssysteme (GIS) ergeben. Genauer gesehen geht es in dieser Arbeit also darum, Prozessmodelle im ArcGIS ModelBuilder zu entwickeln, durch dessen automatisierte Ausführung man Änderungen der Nutzungsplanung zwischen zwei verschiedenen Zeitpunkten (alte und neue OP) generieren kann.

Der grösste Teil dieses Abschlussprojektes vom CAS GIS in der Planung 2016/2017 besteht somit aus Vektordatenanalysen in ArcGIS. Im letzten Teil wird die integrierte Bearbeitung der Berechnung des potentiellen Bevölkerungswachstums sowohl in ArcGIS als auch in Excel ausgeführt. Somit werden Geodaten betreffend die rechtsgültige Nutzungsplanung im Kanton Freiburg der Jahre 2012 und 2016 sowie die angepassten Geodaten zur Bevölkerung der STATPOP des Bundesamts für Statistik verwendet.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind einerseits ein Modell der Ordnerstruktur, für die Gliederung und beliebige Wiederholung der GIS-unterstützte Prüfung der Änderungen einer OP, sowie andererseits zwei Prozessmodelle, die im ArcGIS ModelBuilder automatisiert ausgeführt werden können. Diese erzeugen durch ihre Ausführung neue Geodaten betreffend die Nutzungsänderungen in der OP einer beliebigen freiburgischen Gemeinde. Die neuen Geodaten können dann als Grundlage für die darauffolgende qualitative Prüfung der OP benutzt werden. In der Tat kann sich der Raumplaner auf die in ArcGIS generierten Kartendarstellungen der Änderungen einer OP stützen, um eine vertiefte Prüfung der OP durchzuführen.

Dank dieser Abschlussarbeit habe ich sowohl meine GIS-Fertigkeiten im Bereich der Vektordatenanalyse verbessern und erweitern (bezüglich der SQL-Abfragen und des ModelBuilders) als auch die Thematik der Darstellung und Präsentation der Ergebnisse vertiefen können. Der Projektteil betreffend das potentielle Bevölkerungswachstum hat hingegen die Grenzen und die Opportunitäten der Verdichtung und der Siedlungsentwicklung nach innen skizziert. Schliesslich kann festgestellt werden, dass die GIS-unterstützte Prüfung von Änderungen einer OP mehrere Erweiterungsmöglichkeiten aufweist, sei es bezüglich des Umgangs mit den Fruchtfolgeflächen und der überlagerten Schutzmassnahmen oder betreffend die Ortung von Freihaltezonen und Richtplangebieten. Daher würde sich die Fortsetzung dieses Projekts als nützlich erweisen.

2. Hintergrund des Projektes

2.1. Ausgangslage

Rechtlicher Rahmen

Artikel 2 des Bundesgesetzes über die Raumplanung vom 22. Juni 1979 legt die Planungspflicht für Bund, Kantone und Gemeinden fest. Diese drei politischen Instanzen sollen nämlich „die für ihre raumwirksamen Aufgaben nötigen Planungen [erarbeiten] und sie aufeinander [abstimmen]." Darüber hinaus wird auf kantonaler Ebene präzisiert, wie die Aufteilung der Pflichten und Rechte i.S. Raumplanung auszusehen hat. Beispielsweise legt der Kanton Freiburg in seinem Bau- und Raumplanungsgesetz (RPBG) vom 2. Dezember 2008 fest, dass die „Planung des Gemeindegebiets […] Sache der Gemeinde [ist]" (Art. 34 Abs. 1).

Folglich soll jede Gemeinde einen Ortsplan erstellen (Art. 34 Abs. 2 RPBG), welcher „mindestens alle 15 Jahre überprüft und nötigenfalls geändert werden" muss (Art. 34 Abs. 3 RPBG). Dies ist als Gesamtrevision der OP einer Gemeinde bekannt. Auch gibt es kleinere Änderungen eines Teils des Ortsplanes wie z.B. die Änderung des Zonennutzungsplans (ZNP) zur Schaffung einer neuen Bauzone (Einzonung) oder die Änderung eines Artikels des Gemeindebaureglements (GBR) usw. All diese Änderungen einer OP müssen gemäss dem gesetzeskonformen Verfahren ausgeführt werden (im freiburgischen Gesetz wird dieses in Art. 77 ff. RPBG festgelegt), wonach die Prüfung der Unterlagen durch die kantonalen Amtsstellen und Organe vorgenommen werden muss.

Zudem hat die vom Geoinformationsgesetz (GeoIG) stammende Harmonisierung der Geodaten zur Folge, dass auf Bundesebene minimale Geodatenmodelle (MGDM) erstellt werden, an welche sich die Kantone anpassen müssen. Da auf kantonaler Ebene die OP Sache der Gemeinde ist, wird die Digitalisierung der OP von zentraler Bedeutung sein. Somit werden dann die Prüfung und Genehmigung digitaler OP umzusetzen sein.

Geografischer Rahmen

Wie sich aus der oben aufgeführten gesetzlichen Auswahl herauskristallisiert, bewegt sich die vorliegende Arbeit auf der Ebene der OP der Gemeinden des Kantons Freiburg. Diese Wahl wurde ziemlich am Anfang der Bearbeitung des GIS-Projektes getroffen, um die genau gewünschte Flughöhe sowohl für die Geodaten als auch für die angestrebten GIS-Produkte zu bestimmen (siehe Kap. 4.2).

2.2. Hauptanlass

Die Idee dieser Abschlussarbeit hat sich hauptsächlich aus meinem Arbeitsalltag ergeben, wo ich die vorerwähnte Prüfung der OP der deutschsprachigen Gemeinden des Kantons Freiburg beim Bau- und Raumplanungsamts (BRPA) vornehme.

Hauptproblem sowie auch Hauptpotential für die Verbesserung dieser Prüfung der OP ist, dass aktuell die OP der Gemeinden in Papierform eingereicht, geprüft und genehmigt werden. Dadurch hat sich der effektive Hauptanlass dieser Abschlussarbeit ergeben: Die Notwendigkeit einer Optimierung der alltäglichen OP-Prüfung, nicht zuletzt auch aufgrund der hohen Anzahl an Dossiers, die aktuell zu prüfen sind.

Bei der kantonalen Prüfung der OP der verschiedenen Gemeinden würde eine automatisierte Ausführung bestimmter Prüfungsschritte mittels GIS-gesteuerten Vektordatenanalysen die Arbeit erleichtern und verkürzen.

3. Ziele des Projektes

3.1. Hauptziel

Diese Zertifikatsarbeit hat zum Ziel, die Prüfung einer Änderung bzw. einer Gesamtrevision der OP durch die Erarbeitung und die Ausführung von automatisierten Vektordatenanalysen in ArcGIS zu vereinfachen.

Genauer gesehen sollen quantitative Indikatoren erarbeitet werden, welche die qualitative Bewertung einer Änderung der OP unterstützen. Diese Indikatoren sollen durch die Ausführung simplifizierter Modelle von allen GIS-Anwendern erzeugt werden können (und nicht nur von GIS-Experten).

3.2. Generelle Fragestellung (project question)

Die generelle Fragestellung dieses Projekts ist die folgende: Wo und wie sieht die Gemeinde vor, den rechtsgültigen Stand ihrer Nutzungsplanung durch die geplante Revision der Ortsplanung zu ändern?

3.3. Spezifische Fragen

Wenn man also die vorerwähnte *project question* erklärt und erweitert, so kommt man auf folgenden genaueren Fragestellungen:

- Welche Änderungen kommen in der Zonenplanung vor (Ein-, Um-, Aus- und Aufzonungen)?
- Wo liegen die Einzonungen (Entfernung zum Ortskern und zu den dort vorkommenden öffentlichen/privaten Dienstleistungen)?
- Wie gross sind die geplanten Einzonungen insgesamt? Dies ermöglicht dann einen Vergleich mit der bestehenden Bauzone: Ist die OP „angemessen“?
- Wo wird ausgezont (Problematik der Lücken mitten in der Bauzone)?
- Welche Grundstücke werden umgezont? Mit welcher Änderung (von welcher Zone zu welcher Zone)?
- Welche Parzellen werden aufgezont? Das heisst, für welche Zonen werden die Nutzungsziffern erhöht oder welche Umzonung in einer Nutzungszone mit höheren Nutzungsziffern findet statt?

3.4. Projektabgrenzung (Nichtziele)

Aufgrund des Umfangs der Daten einer OP-Revision oder OP-Änderung wurden im Laufe der Bearbeitung dieses Projekts bestimmte *no-go areas* definiert.

Beispielsweise wurde relativ rasch klar, dass die am Anfang angestrebte automatisierte Prüfung der Richtplangebiete (Sektoren für die künftige Erweiterung der Bauzone, die

im Gemeinderichtplan festgelegt sind) nicht möglich sein würde. In der Tat habe ich bei der Datenbeschaffung entscheiden müssen, mich beim vorliegenden Projekt zuerst auf die Nutzungsplanung zu konzentrieren, da ich die entsprechenden Geodaten direkt beim technischen Büro des BRPA erlangen konnte. Trotzdem ist es gut vorstellbar, bei einer eventuellen Fortführung dieses Projekts die OP einer Gemeinde in Shapefile-Format zu erhalten und dann den Gemeinderichtplan durch GIS-unterstützte Vektordatenanalysen zu prüfen.

Auch wurde auf die Erstellung von Web-Maps und die Publikation von Cloud-Diensten als Produkte dieses Projekts verzichtet, da diese automatisierte Prüfung von Änderungen der OP amtsinterne Anwendung haben wird. Aktuell ist also eine Publikation oder ein Sharing dieser Analysen im Web nicht notwendig.

4. Form

4.1. GIS-spezifische Aufgabestellung

Bei der vorliegenden Abschlussarbeit geht es darum, mit Vektordatenanalysen und Prozessmodellen im ArcGIS ModelBuilder in ArcMap 10.4.1 den revidierten Stand einer OP mit dem rechtsgültigen Stand zu vergleichen und die Änderungen nachzuverfolgen.

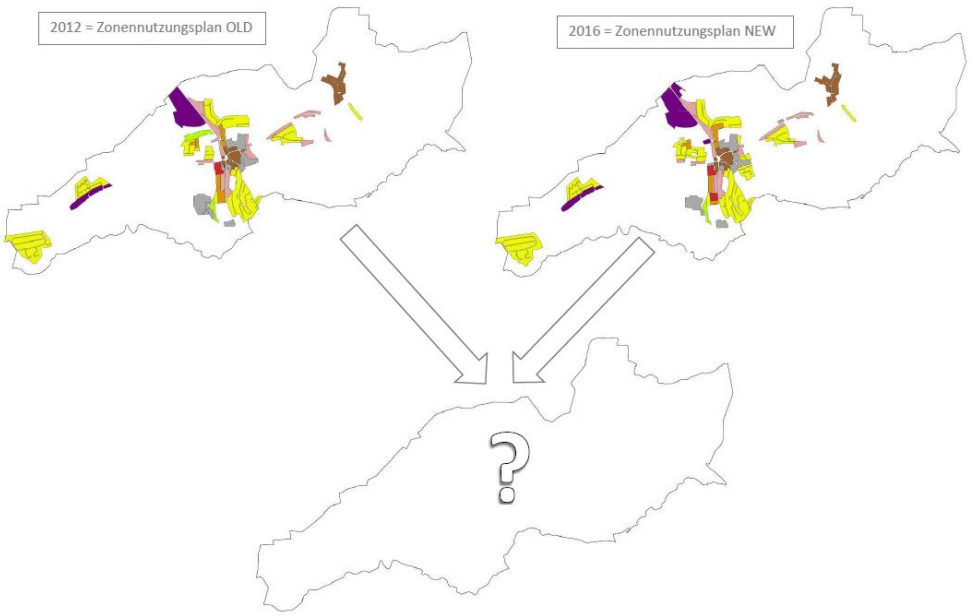


Abb. 1: Schematische Darstellung der Analyse einer OP

Durch diese GIS-unterstützte Analyse einer OP will man quantitative, kartographische Indikatoren schaffen, welche die qualitative Prüfung der OP einer ausgewählten Gemeinde am besten unterstützen. Dabei ist das Motto *keep it simple* zu berücksichtigen, da die Anwendung und Ausführung dieser GIS-Tools so *user-friendly* wie möglich zu halten ist. Die Bedienungsfenster und Befehle, die einzugeben sind, sollen nämlich intuitiv und leicht ausführbar sein.

4.2. Die richtige Flughöhe bestimmen

Zuerst habe ich mich mit der Frage nach der korrekten Flughöhe, die verwendet werden sollte, auseinandergesetzt. Auf welcher Ebene der Raumplanung soll man sich bei diesem Projekt bewegen? Was soll man vermeiden, um nicht zu spezifisch zu werden und/oder sich in Details zu verlieren, die nicht zielführend sind?

Die Wahl der optimalen Flughöhe ist für alle verschiedenen Arbeitsschritte dieses Projektes wichtig gewesen. In der Tat ist es bereits bei der Beschaffung der Geodaten von zentraler Bedeutung, zu wissen, welcher geographische Rahmen genau ausgewählt ist, damit auch die richtigen Geodaten beschafft werden können.

4.3. Die Geodaten beschaffen

Für die vorliegende Arbeit wurde entschieden, denselben Geodatensatz bezüglich zwei verschiedener Zeitpunkte zu verwenden. Genauer gesehen habe ich den gültigen Stand der Geodaten der Nutzungsplanung vom Kanton FR (verfügbar) der Jahre 2012 und 2016 vom technischen Büro des BRPA eingeholt.

Somit ist der Vergleich vor und nach der Gesamtrevision der Testgemeinde Tafers (im Sensebezirk) möglich (Genehmigung durch die Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion am 11. November 2015). Die Gemeinden reichen aktuell die OP nur in Papierform und als PDF-Dateien ein, weshalb in so kurzer Zeit keine Gemeinde gefunden wurde, die mir die Daten in Shape-Format zu Verfügung gestellt hätte. Trotzdem reichen die vorerwähnten Daten zur Ausarbeitung der Prozessmodelle, die später auch für neue OP-Dossiers verwendet werden können (da in Zukunft die Gemeinden die OP wahrscheinlich als Shape-Dateien einreichen werden).

4.4. Die gewünschte Werkzeugkiste festlegen

Der nächste Schritt im Projekt ist die Begrenzung der gewünschten Werkzeuge und somit der Modelle zur Prüfung einer OP gewesen. Es ist nämlich von zentraler Bedeutung, sich auf bestimmte Inhalte zu begrenzen, um nicht von den gesetzten Zielen abzuweichen. Somit habe ich mich bei dieser Arbeit auf die Hauptindikatoren der Nutzungsplanung konzentriert (siehe Kap. 5.2.) und somit auf die Prozessmodelle für die Vektoranalyse der Nutzungsänderungen beschränkt (siehe Kap. 7.2.).

5. Schwerpunkt

5.1. Eine Raumplanungsanalyse

Der Schwerpunkt dieser Projektarbeit ist die Raumplanung auf kommunaler Ebene. In der Tat geht es um eine durch GIS-Vearbeitungsschritte durchgeführte Analyse der OP einer beliebigen Gemeinde des Kantons Freiburg.

5.2. Hauptindikatoren

Daraus ergibt sich eine noch spezifischere Akzentsetzung auf die Nutzungsplanung: Welche Nutzungsänderungen finden zwischen den zwei Zeitpunkten statt? Genauer gesehen geht es darum zu bestimmen, wo die nachfolgend aufgelisteten Änderungen stattfinden:

- Einzonung (vom Nichtbaugebiet, z.B. die Landwirtschaftszone, zur Bauzone);
- Auszonung (von der rechtsgültigen Bauzone zum Nichtbaugebiet);
- Umzonung (von einer Bauzone zu einer anderen) oder
- Aufzonung (im Sinne einer Erhöhung der Baumassenziffern und somit des Baupotentials und der potentiellen Bevölkerung).[1]

Diese Änderungen einer OP können dann später vom Experten (Raumplaner) als Hauptindikatoren bei der qualitativen Prüfung der OP benutzt werden.

6. Methodenbeschreibung

6.1. Methodik und Systemanforderungen

Im Rahmen dieser Projektarbeit habe ich mich methodisch hauptsächlich auf Vektordatenanalysen konzentriert. Dies hat sich einerseits aus dem Format der Geodaten sowie andererseits aus den gesetzten Zielen und gewünschten Produkten ergeben. Nur beim letzten Arbeitsschritt bezüglich der Berechnung des potentiellen Bevölkerungswachstums wurden Berechnungen ausserhalb der GIS notwendig.

Folgende Programme wurden verwendet:

- ESRI ArcGIS – ArcMap 10.4.1;
- Microsoft Excel 2010;
- yEd Graph Editor von yWorks.

7. Prozessdokumentation

7.1. Modell der Ordnerstruktur und Sprachwahl

Da dieses Projekt eine künftige Anwendung beim BRPA haben könnte, ging es zuerst darum, eine genaue Ordnerstruktur festzulegen und einen Muster-Ordner mit den Geodaten und den gewünschten Ziel-Ordnern zu bilden, der leicht kopiert und eingefügt werden kann (siehe Abb. 2). Dies ermöglicht nämlich die beliebige Wiederholung der GIS-unterstützten Analyse und Prüfung der OP, unabhängig von der Gemeinde und vom Zeitpunkt der Durchführung. Dabei ging es darum, die Struktur von Anfang an klar und so allgemein wie möglich festzulegen.

[1] Bei den verwendeten Geodaten existierte für das Jahr 2012 nur die Geschossflächenziffer (GFZ) und keine Überbauungsziffer (ÜZ): Daher wurde aktuell nur die Erhöhung der GFZ miteinbezogen. Eine Erweiterung des Modells betreffend der ÜZ ist aber für die Zukunft durchaus denkbar.

Darüber hinaus hat sich ungefähr zum gleichen Zeitpunkt die Frage nach der Sprachwahl gestellt. Da die Basisgeodaten auf Französisch sind und die automatisierte Prüfung der OP später eine Anwendung beim BRPA haben könnte, wurde entschieden, sowohl die allgemeine Ordnerstruktur als auch die Namen der daraus entstehenden neuen *feature classes* auf Französisch zu fassen.

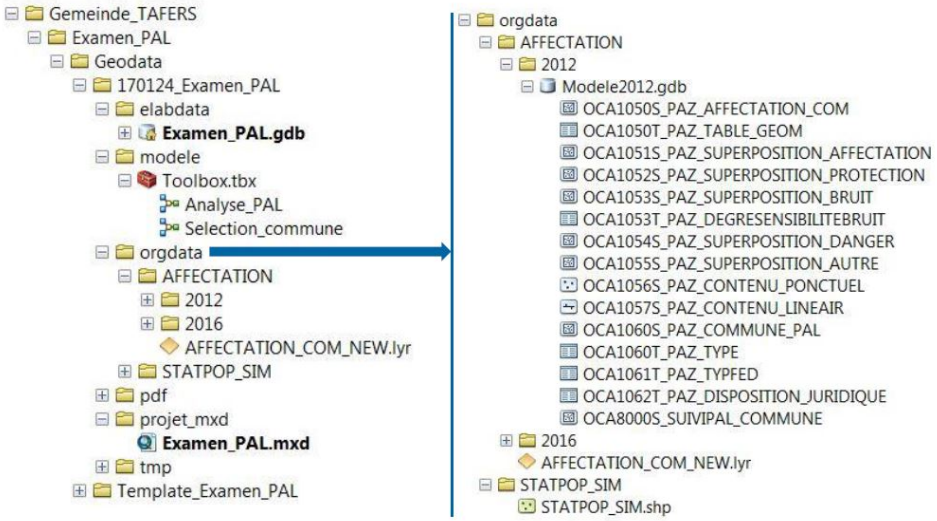


Abb. 2: Modell der Ordnerstruktur

7.2. Automatisierte Vektoranalyse einer Ortsplanung

Bevor die verschiedenen Arbeitsschritte im ModelBuilder von ArcGIS ausgeführt wurden, habe ich Prozessmodelle erstellt, um den Ablauf und die zu verwendenden Geoverarbeitungswerkzeuge konzeptionell zu bestimmen.

Im Laufe des Projektes wurden dann diese konzeptionellen Prozessmodelle angepasst, da die eine oder andere Variable hinzuzufügen war oder ein Vektordatenanalyse-Werkzeug mehr notwendig wurde.

Generell wichtig ist jedoch die goldene Faustregel der Übersicht und der gezielten Bearbeitung. Damit ist gemeint, dass bevor die Arbeit direkt im ModelBuilder ausgeführt wird, erst die Frage nach den gewünschten Resultaten gestellt wurde. Dafür hat sich die vertiefte Datenbesichtigung (die *attribute table* konsultieren und analysieren) als unabdingbarer Arbeitsschritt bewiesen.

Die Datenmenge reduzieren und eine Gemeinde auswählen

Das erste Modell, welches „Selection_commune“ genannt ist, ermöglicht die Reduktion der zu umfangreichen Geodaten. Diese umfassen nämlich alle Gemeinden des Kantons Freiburg und besitzen zu viele Attribute in der *attribute table*.

Demzufolge geht es im Modell zuerst um die Auswahl der Geodaten einer gewünschten Gemeinde (*select* und *table select* durch Eingabe der Gemeindenummer auf Abfrage der im Modell festgelegten *expressions [make variable from parameter]*) sowohl in der

geographischen *feature class* „PAZ_AFFECTATION_COM“[2] als auch in der Tabelle „PAZ_TABLE_GEOM“ des jeweiligen Zeitpunkts (2012 oder 2016). Nach der Verbindung dieser zwei reduzierten *feature classes* in eine einzige (*join field*), werden dann die überflüssigen Attribute aus der *attribute table* gelöscht (*delete field*). Schliesslich werden bestimmte Attribute in der Tabelle so geändert (*alter field*), dass der Zeitpunkt auf welchen sie sich beziehen in den darauffolgenden Arbeitsschritten nachvollzogen werden kann. Dadurch ist ein Vergleich zwischen dem alten und dem neuen rechtgültigen Stand der Nutzungsplanung möglich.

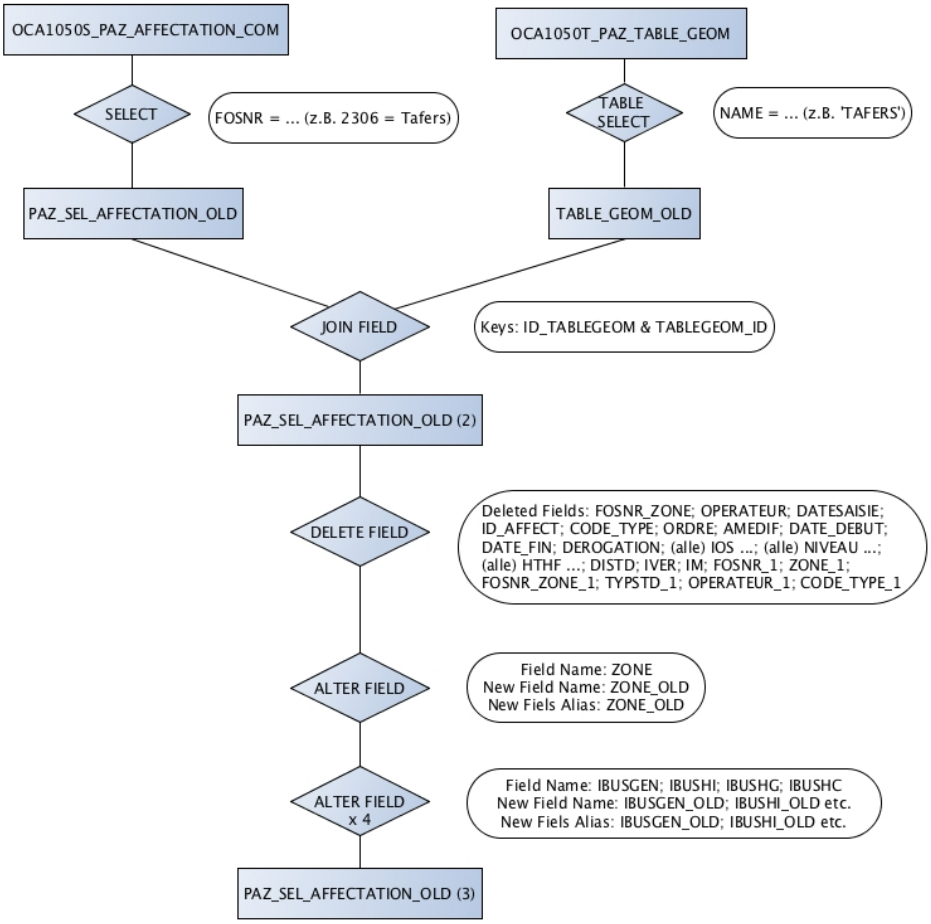


Abb. 3: Prozessmodell zur Auswahl einer Gemeinde und zur Reduktion der Datenmenge (Stand 2012 = OLD)

Das ModelBuilder-Modell „Selection_commune“ führt diese Auswahl und Datenreduktion sowohl für die Geodaten von 2012 (OLD) als auch für die Geodaten von 2016 (NEW) durch, wobei die verschiedenen neuen *feature classes* und Attribute automatisch mit OLD oder NEW benannt werden. Um diesen Bericht synthetisch zu halten, wird nur das konzeptionelle Prozessmodell für die Daten von 2012 aufgeführt. Das komplette ModelBuilder-Modell ist hingegen im Anhang zu sehen.

Durch die Ausführung dieses Modelles werden drei neue *feature classes* erzeugt, welche die Gemeindegrenze (SELECTION_COMMUNE), die alte (PAZ_SEL_AFFECTATION_OLD)

[2] Affectation = Nutzung; plan d’affectation des zones (PAZ) = Zonennutzungsplan (ZNP).

und die neue Nutzung (PAZ_SEL_AFFECTATION_NEW) umfassen. Diese neuen *feature classes* werden automatisch in der Muster-GDB „Examen_PAL.gdb“, die in der vorerwähnten Ordnerstruktur in „elabdata“ geortet ist, gespeichert (siehe Abb. 5). Daraus können sie dann für weitere Arbeitsschritte verwendet werden.

Die OP-Änderungen analysieren

Das zweite Modell, welches „Analyse_PAL“[3] genannt ist, ermöglicht die Änderungen der OP planerisch darzustellen und zu analysieren. Durch Vektordatenanalysen werden nämlich neue *feature classes* bezüglich den Ein-, Aus-, Um- und Aufzonungen erzeugt, die dann als Grundlage für die raumplanerische Bewertung der OP benutzt werden können.

Folglich werden bei der Ausführung des ModelBuilder-Modells die zwei eben erstellten *feature classes* PAZ_SEL_AFFECTATION_OLD und PAZ_SEL_AFFECTATION_NEW zuerst miteinander vereinigt (*union*). Anschliessend werden dann die gesuchten OP-Änderungen durch verschiedene automatisierte SQL-Abfragen ausgewählt (*select*) und fünf neue *feature classes* in der vorerwähnten GDB gebildet. Durch die ersten Abfragen werden die drei *feature classes* bzgl. Einzonungen (PAZ_SEL_AFFECTATION_ZONAGE) und Auszonungen (PAZ_SEL_AFFECTATION_DEZONAGE) sowie mit der verbleibenden Bauzone (PAZ_SEL_AFFECTATION_RESTE) gebildet. Diese dritte *feature class* enthält die Bauzone, welche sowohl im alten als auch im neuen Stand vorhanden ist, jedoch ohne sie zu differenzieren. Durch eine zweite Runde von automatisierten SQL-Abfragen werden dann aus dieser *feature class* zwei weitere ausgewählt und in der GDB gebildet (*select*), welche die Umzonungen (PAZ_SEL_AFFECTATION_CHANGEMENT_ZONE) von den Aufzonungen (PAZ_SEL_AFFECTATION_AUGMENTATION_IBUS[4]) unterscheiden lassen.

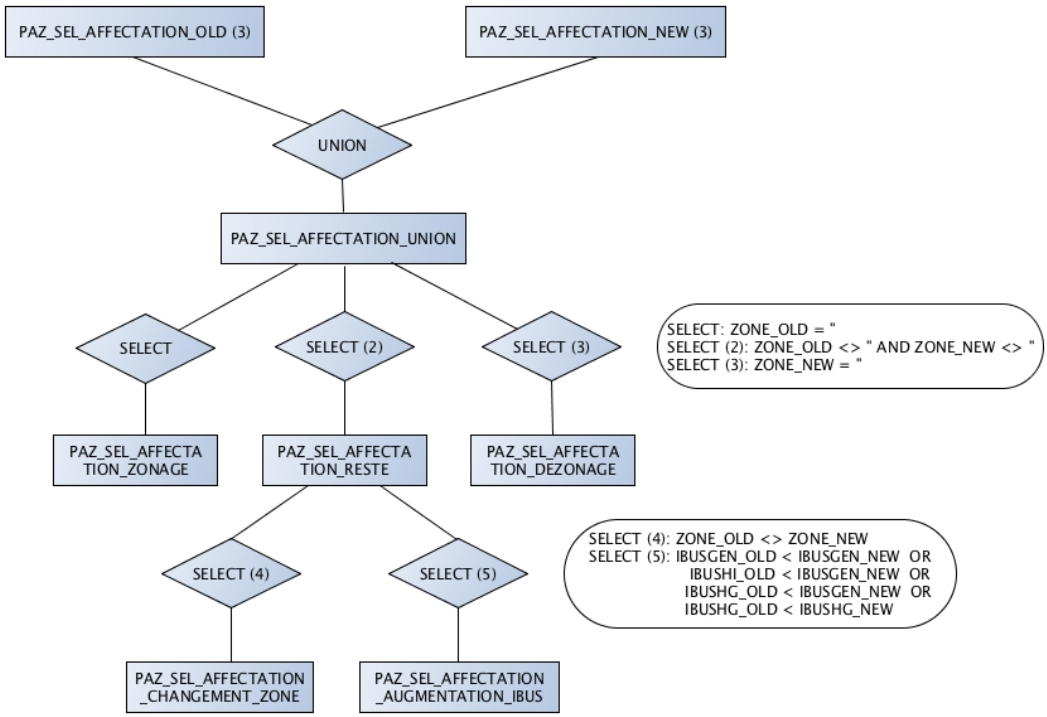


Abb. 4: Prozessmodell zur Analyse einer OP

[3] Plan d’aménagement local (PAL) = Ortsplanung (OP).
[4] Indice brut d’utilisation du sol (IBUS) = Geschossflächenziffer (GFZ).

Beim Arbeitsschritt betreffend der *union* hat es anfänglich gestockt, da diese zwei *feature classes* erst durch die Ausführung des Modells „Selection_commune“ neu erzeugt werden. Dank der Hilfe der Betreuer wurde dies folgendermassen gelöst: Im ModelBuilder wurde der Modell-Parameter *workspace* festgelegt. Dieser Parameter wird beim Ausführen des Modells gleich abgefragt und da die vorerwähnte Muster-Ordnerstruktur festgelegt ist, kann immer derselbe Pfad zum Zielordner eingeben werden, und zwar der Pfad zum Hauptordner, in welchen *elabdata* mit der GDB enthalten ist. Dies ist nämlich der Muster-Ordner, den man vorher kopiert, einfügt und neu benannt hat, z.B. mit dem Datum der Ausführung der OP-Prüfung (siehe Abb. 2).[5]

Diese durch die Ausführung der zwei Modelle erzeugten *feature classes* können dann durch ein vorbereitetes Layout manuell dargestellt werden[6]. Sie können somit als Grundlage für die qualitative Prüfung und Bewertung der Änderungen der OP zwischen dem alten und dem neuen Stand verwendet werden. Ein Beispiel für die Testgemeinde Tafers ist im Anhang zu sehen.

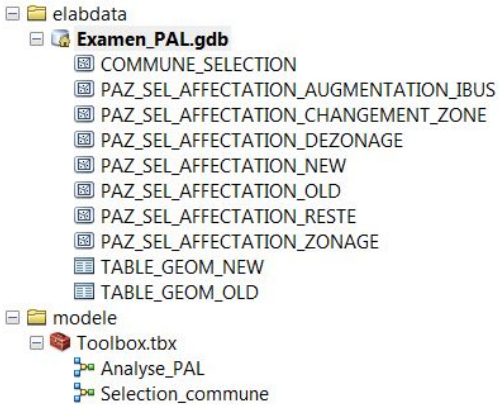


Abb. 5: Die neu erzeugten feature classes

7.3. Berechnung des potentiellen Bevölkerungswachstums

Nachdem die Hauptziele dieses Abschlussprojekts durch die eben erläuterten Arbeitsschritte erreicht wurden, hat sich in der Koordination mit den Betreuern einen letzten Arbeitsschritt ergeben. Dabei wurden Bevölkerungsdaten im Projekt eingebunden, um eine Simulation des potentiellen Bevölkerungswachstums, das sich aufgrund der in der OP vorgesehenen Aufzonungen ergeben könnte, zu berechnen.

Die verwendeten Geodaten

Als Geodaten für diese Vektordatenanalyse wurden einerseits die vorerwähnte neue *feature class* der Aufzonungen (PAZ_SEL_AFFECTATION_AUGMENTATION_IBUS) der Testgemeinde Tafers sowie andererseits das *shapefile* STATPOP_SIM verwendet. Dies ist ein simulierter Punktdatensatz, welcher, gestützt auf die Daten vom Bundesamt für Statistik, vom Betreuer Yves Maurer erstellt worden ist.

[5] In diesem Template-Ordner sind Unterordner mit den Geodaten, mit der leeren GDB, mit den unausgeführten ModelBuilder-Modellen und mit dem vorbereiteten mxd-Projekt enthalten (vgl. Kap. 7.1.).

[6] Es wurden auch standardisierte *styles* kreiert und im Template mxd-Projekt abgespeichert, damit sie immer wieder verwendet werden können.

Dieser Arbeitsschritt kann also als Übung gesehen werden, da er mit teils fiktiven Daten erstellt wurde. Dennoch wäre eine künftige Ausführung mit genauen Daten durchaus denkbar und könnte noch genauer die Möglichkeiten der Verdichtung aufzeigen.

Das potentielle Bevölkerungswachstum für die OP Tafers

Diese manuelle Vektordatenanalyse hat es ermöglicht, das Bevölkerungswachstum in den aufgezonten Teilen der Bauzone zu berechnen.

Hier das Prozessmodell:

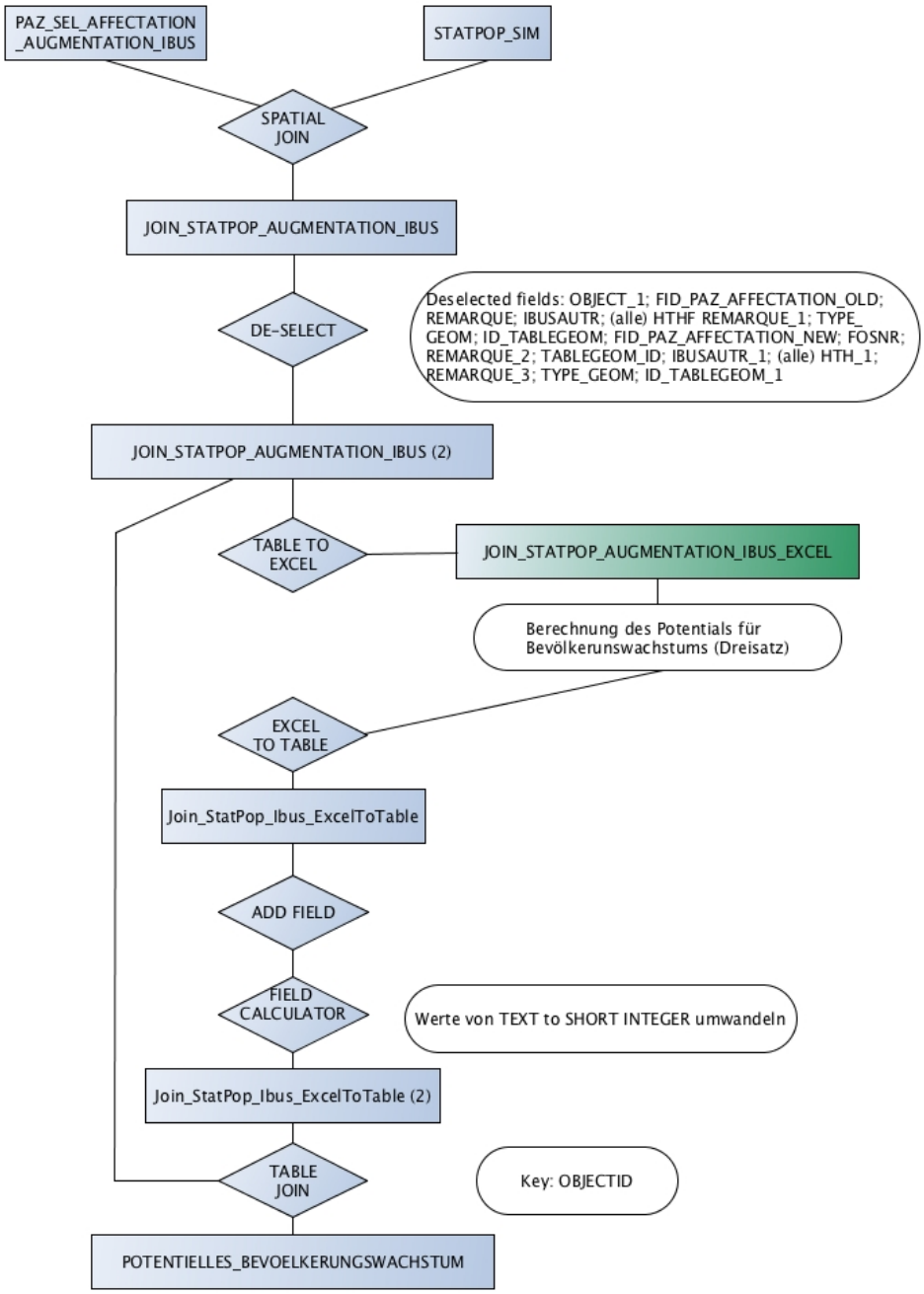


Abb. 6: Prozessmodell zur Berechnung des potentiellen Bevölkerungswachstums

Zuerst wurde in ArcGIS das *shapefile* der Bevölkerung STATPOP_SIM mit der *feature class* der Aufzonungen PAZ_SEL_AFFECTATION_AUGMENTATION_IBUS räumlich verbunden (*spatial join*), um den aufgezonten Flächen die entsprechenden Punkte aus dem Bevölkerungsdatensatz zuzuweisen. Dann wurden manuell bestimmte Attribute aus der *attribute table* de-selektiert, um die angezeigte Informationen zu reduzieren. Anschliessend wurde die Tabelle in eine Excel-Datei umgewandelt (*table to excel*), um dann einige Bearbeitungsschritte in Excel auszuführen. Gestützt auf die aktuelle Bevölkerung und die alte GFZ wurde nämlich die potentielle Bevölkerung mit der neuen GFZ und somit das relative Bevölkerungswachstum berechnet (Dreisatzrechnung)[7].

AB2 =WENN(AA2<>0;(AA2*100)/T2;"")

	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
1	IBUSGEN_NEW	IBUSHI_NEW	IBUSHG_NEW	IBUSHC_NEW	urim_		Sum_POP15	L	Shape_Area	Potential_GEN	Potential_HI_GEN	Potential_HG_GEN	Potential_HG	TOT_Wachstum_POP	Wachstum_POP_relativ
2	1	0	0	0	3	##	51	##	6925.407425	7.6				8	15.68627
3	0	0	0.9	1	1	##	31	##	2968.823561				7.2	7	22.58065
4	1	0	0	0	6	##	14	##	3805.522164	6.9				7	50.00000
5	1	0	0	0	4	##	15	##	3646.16876	7.4				7	46.66667
6	0.9	0	0	0	#	##	54	##	8613.903205		27	12.6		27	50.00000
7	0.9	0	0	0	3	##	10	##	1892.090408						
8	1.1	0	0	0	1	##	0	##	2906.040726	0				0	
9	1.1	0	0	0				##	357.230464	0				0	
10	1.1	0	0	0	4	##	8	##	29475.60183	-0.2				0	
11	0.9	0	0	0	2	##	8	##	3002.025787		4	1.9		4	50.00000
12	0	0	0.9	1	5	##	42	##	6557.71121				9.8	10	23.80952
13	0.9	0	0	0	#	##	123	##	33725.492		61.5	28.6		62	50.40650
14	1	0	0	0	1	##	6	##	701.508722	3.0				3	50.00000
15	0.9	0	0	0	#	##	97	##	21289.01671		48.5	22.6		49	50.51546
16	0.9	0	0	0			97		22.0328948			0		0	
17	0	0	0.9	1	3	##	15	##	4849.759253				3.5	3	20.00000
18	0.9	0	0	0	#	##	91	##	40297.12063		45.5	21.2		46	50.54945
19	1.1	0	0	0			63		0.52587191	0				0	
20	1.1	0	0	0	3	##	50	##	2608.277289	-1.3				-1	-2.00000
21	0.9	0	0	0	#	##	42	##	12605.96393		21	9.8		21	50.00000
22	0	0	0.9	1				##	36.06184414						

Abb. 7: Beispiel der Excel-Datei zur Berechnung des Bevölkerungswachstums

Danach wurde die Excel-Tabelle wieder in ArcGIS hochgeladen und wieder in eine *attribute table* umgewandelt (*excel to table*). Als man die neu erzeugten Werte durch eine abgestufte Klassifizierung darstellen wollte, wurde es klar, dass diese Werte nicht als Zahlen sondern als Text erkannt wurden. Daher haben sich noch zwei Zwischenschritte ergeben, womit man erst ein neues Attribut des Typs *float* der Tabelle hinzugefügt (*add field*) und dann die vorerwähnten Werte des Bevölkerungswachstums den *records* dieses neuen Attributs hinzugewiesen hat (*field calculator*). Nach diesem letzten Schritt konnte man dann das potentielle Bevölkerungswachstum durch eine abgestufte Darstellung (*graduated colors*) präsentieren.

Die Ergebnisse dieser letzten, manuellen Vektoranalyse wurden mit demselben Layout wie die Ergebnisse der automatisierten Analyse einer OP dargestellt (dadurch wurden die Lesbarkeit und der Vergleich der Karten vereinfacht).

7.4. Endprodukte

Endprodukt dieser Abschlussarbeit sind die Kartendarstellungen der Ergebnisse der Vektordatenanalysen, die dann bei der OP-Prüfung als Hilfe beigezogen werden können. Diese können je nach Wahl jeweils für alle Gemeinden im Kanton Freiburg durch die Ausführung der oben erklärten ModelBuilder-Prozessmodelle erstellt werden. Im Anhang sind diese Karten im Falle der Testgemeinde Tafers zu sehen.

Die Karte in Bezug auf die Übung zur Berechnung des potentiellen Bevölkerungswachstums der Gemeinde Tafers ist ebenfalls im Anhang zu sehen.

[7] Erst wurde die Berechnung nur für die generelle GFZ (IBUSGEN) ausgeführt. Nach vertiefter Analyse der Daten wurde es aber klar, dass sich die Aufzonungen auch durch eine Änderung der Typologie der GFZ ergeben. Folglich wurde dann die Berechnung für alle GFZ (IBUSGEN, IBUSHI und IBUSHG) ausgeführt.

8. Eigene Erkenntnisse

8.1. Generelle GIS-Kenntnisse und GIS-Fertigkeiten

Diese Abschlussarbeit hat mir die Möglichkeit gegeben, meine GIS-Fähigkeiten zu verbessern sowie neue hinzuzulernen. Insgesamt kann ich sagen, dass die am Anfang des Projekts gesetzten Ziele meistens erreicht wurden.

Zusammengefasst wurden:

- die verschiedene Werkzeuge der Vektordatenanalyse vertieft;
- der ModelBuilder vertieft und gezielter angewendet;
- die Fähigkeiten bezüglich der SQL-Abfragen erweitert;
- das Layouten und die Kartendarstellung verbessert.

Hingegen habe ich die gesamte Arbeit in ArcGIS ausgeführt und somit auf die Anwendung des Q-GIS Modelers verzichtet. Das technische Büro des Kanton Freiburgs arbeitet hauptsächlich mit ArcGIS: Eine Fortführung dieses Projekts im Rahmen des Arbeitsplatzes wird durch diese Softwarewahl erleichtert.

8.2. Projektspezifische Erkenntnisse

Aus der Bearbeitung dieses Abschlussprojektes können die nachfolgenden projektbezogenen Haupterkenntnisse (*lessons learned*) gezogen werden:

- Bevor man direkt in ArcGIS mit dem ModelBuilder bestimmte Werkzeuge zur Datenverarbeitung verwendet, sollte man ein klares konzeptionelles Prozessmodell gebildet haben (zentrale Fragen dafür sind: Wo will man hin? Was erwartet man als Ergebnis?) Erst dann ist es angebracht, sich mit der Suche nach dem besten *tool* auseinanderzusetzen.
- Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Datenanalyse immer am Anfang vertieft auszuführen: Mit dieser Projektarbeit hat sich nämlich diese goldene Regel bestätigt. Daraus ergibt sich z.B. die allfällige Datenmengenreduktion, welche zu umfangreiche Datensätze leichter verwendbar macht.
- Ausserdem hat sich die Überprüfung der Randsummen am Anfang und am Ende bestimmter Arbeitsschritte als ein wertvolles Mittel zur Bestätigung der Resultate (kein Verlust oder Zusatz von Daten) erwiesen.
- Auch hat sich ergeben, dass die Interoperabilität zwischen ArcGIS und Excel bereits ziemlich fortgeschritten ist, jedoch nicht problemlos verläuft (siehe Kap. 7.3.).
- Darüber hinaus hatte ich zuerst das Bevölkerungswachstum in Ganzzahlen, also das absolute Wachstum berechnet. Im Rahmen der Abschlusspräsentation wurde es dank des Feedbacks der Betreuer jedoch klar, dass eher das relative Wachstum (Prozentzahlen) zu berechnen ist. Dieses ist nämlich bei der Kommunikation oder Präsentation des potentiellen Bevölkerungswachstums angebrachter, da es keine scheinbar „realen Zahlen“ wie die Ganzzahlen vermittelt.

- Schliesslich ist mit den Resultaten solcher Berechnungen von potentiellen Bevölkerungswachstumszahlen kritisch umzugehen. In der Tat handelt es sich um eine Simulation, da nicht alle Geodaten 100 % wahrheitstreu sind. Dennoch wurde durch diese Übung klar, dass die Thematik der Verdichtung sowie der Siedlungsentwicklung nach innen effektiv ein grosses Entwicklungspotential hat.

8.3. Erweiterungsmöglichkeiten

Während der Ausarbeitung des Abschlussprojektes wurde entschieden, auf die Entwicklung von weiteren automatisierten Modellen mit ModelBuilder zu verzichten. Grund dafür waren der begrenzte zeitliche Rahmen sowie die persönliche Wahl, im ersten Schritt mich auf die Hauptthemen der Nutzungsplanung zu konzentrieren.

Dennoch könnte dieses Projekt noch erweitert werden indem man automatisierte Vektordatenanalyse-Modelle für die folgenden Inhalte entwickelt:

- Die Analyse der Ortung und der Dimensionierung der Richtplangebiete (Sektoren für die künftige Erweiterung der Bauzone);
- Die Analyse der rechtsgültigen Bauzone, um Bauzonenreserven ausfindig zu machen (Problematik der Baulandhortung);
- Die Suche nach den Freihaltezonen (FHZ) und ihre anschliessende Prüfung (Problematik der am Rande liegenden FHZ und der grundsätzlichen Nicht-Bebaubarkeit der FHZ);
- Sind Einzonungen auf Fruchtfolgeflächen (FFF) vorgesehen? Wenn ja, wo? Aktuell verfügte ich nämlich nicht über die Geodaten der FFF. Dies könnte jedoch eine wichtige Weiterentwicklung des Projekts sein, wegen des erhöhten Schutzes der FFF in der revidierten Bundesgesetzgebung über die Raumplanung;
- Wo kommen einschränkende Schutzmassnahmen vor? Dies war ein klares *no-go* für das aktuelle Projekt, da bei einer solchen Fragestellung zu vielen Variablen ins Spiel kommen. In der Tat gibt es nicht nur den Ortsbildschutzperimeter sondern auch den Raumbedarf der Gewässer, die archäologischen Perimeter, die Naturgefahrengebiete usw.

8.4. Anwendungsbereich und Auswertung

Die automatisierte Analyse der Änderungen einer OP soll wie vorerwähnt die fachmännische Prüfung einer OP-Revision durch den Raumplaner vereinfachen. Gestützt auf die Ergebnisse der Vektordatenanalysen wird dieser eine Bewertung der OP anhand der nachfolgend aufgezählten Fragen und gemäss den Prinzipien der Raumplanung formulieren können:

- Ist der Standort der Einzonungen positiv oder negativ zu bewerten?
- Sind die vorgesehenen Auszonungen sinnvoll?
- Wird nach innen entwickelt bzw. verdichtet?

Diese und weitere qualitative Auswertungen der vorgesehenen Änderungen der OP können dann im Rahmen der in Kap. 2.1. erwähnten Prüfungsverfahren der OP der Gemeinde mitgeteilt werden. Im Rahmen dieser Abschlussarbeit wurde entschieden, die Resultate nicht direkt raumplanerisch auszuwerten, sondern sich eher auf die Bewertung der GIS-spezifischen Resultate zu beschränken.

Daher werden die im Anhang aufgeführten Karten bezüglich der Änderungen der Nutzungsplanung sowie die Ergebniskarte der Berechnung des potentiellen Bevölkerungswachstums vorliegend nicht vertieft analysiert und ausgewertet. Diese kartografischen Darstellungen werden jedoch der Ausgangspunkt der qualitativen Prüfung der OP (und somit der Änderungen der Nutzungsplanung zwischen den zwei Zeitpunkten des Stands der Geodaten) sein, die der Raumplaner ausführen wird.

Nichtsdestotrotz kann eine generelle Bemerkung zur Thematik der Verdichtung und der Siedlungsentwicklung nach innen geäussert werden: Es besteht ein klarer Unterschied zwischen der „90er-Jahre-Generation“ der OP im Kanton Freiburg, die vorwiegend relativ niedrige GFZ für Wohnzonen besassen, und der jüngsten Generation der OP, die in den letzten Jahren revidiert wurden. Diese weisen nämlich zumeist höhere GFZ für alle Bauzonen vor. Dennoch kommen die meisten aufgezonten Flächen und die grössten GFZ-Erhöhungen in den Wohnzonen, die eher in Randgebiete vorkommen, und nicht in den zentraleren Kernzonen oder in den Mischzonen vor. In der Tat kommt z.B. in Tafers die grösste Erhöhung der Baumassenziffern und somit das höchste potentielle Bevölkerungswachstum meistens in der Wohnzone schwacher Dichte (WSD) vor. Dies ist aber mit der Problematik der Umsetzung von Verdichtungsmassnahmen in der WSD verbunden, da diese in der Regel mit Einfamilienhäusern bebaut worden ist. Demnach wird von zentraler Bedeutung sein, sowohl auf gesetzlicher Ebene als auch in den OP Verdichtungsmassnahmen für solche Zonen zu entwickeln.