Abschlussbericht DAAD RISE weltweit

Sustainable Minerals Institute

University of Queensland

Australien

01/08/18 – 30/09/18

1 Persönlicher Teil

1.1 Vorbereitungen

Nach der Bestätigung des Praktikums vom DAAD begannen die Vorbereitungen. Die Universität verlangte das "Temporary Activity (subclass 408) Research activities" visa, das ca. 280 AUS-$ kostete. Dieses war drei Monate nach der erstmaligen Einreise gültig, was sehr praktisch für die Reiseplanung war, da die daudruch die angegebenen Zeiträume nicht allzu genau eingehalten werden mussten. Die Bearbeitungzeit betrug etwas weniger als einen Monat.

Um vor meinem Praktikum noch eine kleine Reise zu machen, bin ich nach meiner Anfkunft am Brisbane Airport direkt nach Cairns, das nördlich im tropischen Queensland gelegen ist, geflogen. Der Flug hatte mich exakt das Reisebudget von 1300 Euro gekostet, plus 80 Euro für den Flug nach Cairns.

Für mein Prakikum am SMI brauchte ich keine Materialien mitnehmen. Für die Arbeit wurde mir ein Computer gestellt, mit dem ich alle GIS-Aufaben lösen konnte. Somit ist es nicht notwenig, einen Laptop mitzunehmen, wenn man entspannt und ohne Diebstahlssorgen reisen möchte.

Klimatechnisch ist Brisbane schon eine Herausforderung zu dieser Jahreszeit. Im August herrscht noch Winter und im September wird es langsam Frühling mit ganztägig warmen Temperaturen. Als ich ankam, fielen die Temperaturen nachts auf bis zu 5 Grad Celsius, während sie tagsüber auf bis zu 23 Grad Celsis kletterten. Diese Spanne von 20 Grad will wohl gemanaged sein! Ich habe mich an das Zwiebel-Prinzip gehalten, bei dem ich zwei warme Pollover und eine Herbst-, und Regenjacke dabei hatte. Mein ganzer Ruckesack war auf Ausflügen zu dieser Zeit immer voll mit Klamotten. Kurze Tops braucht man im Alltag eher weniger, da im Büro durch die Klimaanlage immer ein reativ frostige Temperatur von 18 Grad herrscht. Daher unbedingt Langärmliges mitnehmen! Auch die Busse und Züge sind sehr kalt, daher ist eine Schal auch nicht verkehrt.

Falls euch an Wandern und Camping gelgen ist, ist entsprechende Ausrüstung zu empfehlen. Insbesondere ein warmer (!) Schlafsack kann bei Campingtrips am Strand oder besonders ins Outback sehr wichtig sein. Einen dünnen Schlafsack, kann man sich eigentlich sparen, da man dann auch einfach eine Decke nehmen kann. Outdoor-Ausrüstung kann man aber auch relativ günstig beim K-Mart in Toowoong oder Indooroopilly kaufen. Das gilt auch für Fahrrad-Zubehör.

1.2 Reise

Australien entpuppte sich als sehr sicheres Reiseland, in dem in den Bahnhöfen selbst nachts Sicherheitspersonal aufpasste. Vor meinem Praktikum hatte ich eineinhalb Wochen Zeit, um von Cairns mit dem Premier Motors Hop- on Hop-Off-Bus nach Brisbane zu gelangen. Dieser Zeitraum war etwas wenig, aber mit ein bisschen Planung kontne ich auch diese Zeit relativ stressfrei geniessen. Ich unternahm eine Tagestour in den Daintree Rainforest, einen Tauchausflug ins Great Barrier Reef und stoppte unterwegs in Townsville für Magetic Island und in Arilie Beach für eine Whitsundays Tour. Diese Route kann ich auf jeden Fall für die Zeit vor dem Praktikum empfehlen, da es in Cairns im August schon schön warm ist!

Von Brisbane aus lassen sich auch ganz vorzügliche Tages- oder Wochenendtouren unternehmen. Viele davon sind mit den Öffentlichen gut zu erreichen, für andere kann man sich mit den anderen DAAD-Austauschstudenten (undbedingt per Mail vorher Kontakt aufnehmen!) oder anderen Freunden ein Auto mieten. Hier eine kleine Auswahl an Ausflugszielen:

- Stradbroke Island
- Fraser Island
- Sunshine Coast (Noosa National Park)
- Byron Bay
- Girraween National Park
- Lamington National Park
- Springbrook National Park
- The Glasshouse Mountians (Beerwah mountain climb!)
- Gold Coast
- Lake Wivenhoe

Ausserdem kann man besonders unter der Woche günstig zu anderen Flughäfen in Australien fliegen.

1.3 Leben

Meine erste Unterkunft in Brisbane war das Gonow Family Hostel, da es das günstigste und am nächsten an der UQ gelegene Hostel war. Dort blieb ich etwa 5 Tage, bis ich ein Zimmer in einem Flatshare gefunden habe. Das typische queenslander Häuschen lag direkt an der Unibrücke in Dutton Park. Die Viertel Highgate Hills, West End und Woolloongabba eignen sich ebenfalls sehr gut, da sie nah an der South Bank und der Innenstadt liegen. Von dort aus kann man sich ein Fahrrad nehmen und alle wichtigen Orte gut erreichen. Die Mietpreise für ein Zimmer sind im Vergleich mit Deutschland schon recht teuer, wer ein schönes Zimmer für 180 AUS-$ findet, hat ein sehr gutes Geschäft gemacht. 210 AUS-$ sind auch gerade noch ok.

Auch die öffentlichen Transportmittel sind gut aufgestellt, dennoch sollte man vorhher abklären, wie die Verbindungen vor allem nachts und am Wochenende zur Wohnung sind. Einkaufsmöglichkeiten bieten Coles, Woolworths und Aldi. Besondere letzterer ist besonders günstig, auch für australische Verhältnisse. Sehr praktisch ist, dass die Geschäfte auch Sonntags geöffnet sind.

Brisbane bietet einige Freizeitmöglichkeiten, die jedoch hauptsächlich am Wochenende und Freitag nachmittags stattfinden. Unter der Woche kann man aber z.B. einige sportliche Angebote wahrnehmen, wie das zweiwöchige Probeklettern an den Kangaroo Cliffs des UQ Mountain Clubs. Generell ist es empfehlenswert, sich die Clubs und Societies der Uni anzusehen, da sie oft auch Wochenendtouren ins Umland unternehmen. Ich war Teil der QUEST Society und UQ Photograpic Society, die auch Camping Trips in Nationalparks und

auf Fraser Island unternahmen. Auch an der South Bank, einen sehr schönen Park am Flussufer, finden regelmässig Festivals und Veranstaltungen statt.

1.4 Uni

Die University of Queensland war zum Zeitpunkt meines Praktikums auf Rang 65 der weltweiten Universitäten. Man merkt, dass sie, durch die zahlreichen internationalen Studenten, viele finanzielle Möglichkeiten hat. Jede Woche sind mehere Verantstaltungen auf dem Campusgelände, sodass man gar nicht hinterher kommt. Ausserdem befinden sich mehre Museen und sogar ein Kino auf dem Campus. Man bekommt eigentlich alles was man benötigt auf dem Campus.

Das Sustainable Minerals Institute ist ein sehr modernes und weltoffenes Institut, es sehr viel Spass gemacht hat, zu arbeiten. Man kann unglaublich vielseitige und nette Menschen kennenlernen, jeder ist in der Kaffeeküche oder auf den Seminaren für ein Gespräch offen. Somit lassen sich gute Kontakte mit Leuten aus der ganzen Welt knüpfen. Man erfährt gerade durch diese Kontakte, oder auch durch die sehr spannenden wöchentlichen Veranstaltungen und Seminare im Institut sehr viel Neues über die internationale „Mining"-Industrie, über das ich in meinem Studium (Wasserwirtschaft) in Deutschland noch wenig gehört hatte. In Deutschland spielt der Tage- und Bergbau heutzuage eben eine untergeordenete Rolle.

Mein Arbeitsplatz war ausschliesslich im Büro mit anderen Praktikanten und PHD-Studenten. Das Institut hat aber auch mehrere Labors in denen vor allem mit Pflanzen und Boden zur Landrehabilitation geforscht wird.

Die Arbeitszeiten waren flexibel, sodass ich auch mal Freitags früher ins Wochenende konnte, um einen Ausflug zu unternehmen. Meine Supervisor waren sehr nett und verständnisvoll. Ich muss ehrlich sagen, dass ich mich noch an kaum einem Arbeitsplatz so wohl gefühlt habe wie hier.

2 FACHLICHER TEIL

2.1 FRAGESTELLUNG

In den letzten Jahren wurden in der „Second Region“, der Anfofagasta im Norden Chiles Meerwasserentsalzunganlagen installiert. Dies versorgen einige Städte, sowie grösstenteils Kupfer-Minen mit Süsswasser. Die Rohrleitungen sind bis zu 200 km lang und durch sie wird bis zu 2000 L/s auf eine Höhe von 3500m gepumpt. Die Nutzung von Meerwasser als Wasserquelle ist ein guter Schritt in Richtung einer nachhaltigeren Ressourcennutzung, da vor allem in der Atacamawüste bisher hauptsächlich das sowieso schon spärlich vorhandene Grundwasser verwendendet wird. Durch die Meerwassernutzung wird Nutzungskonflikten mit der lokalen Bevölkerung oder der Landwirtschaft vorgebeugt. Zudem ist die Versorgungsicherheit höher, da durch den Klimawandel oder Übernutzung die Grundwasservorräte Schwankungen unerworfen sein können.

Dennoch ist die Überwindung der Höhenmeter und die Installation und Wartung solcher langen Leitungsnetze sehr energie- und kostenintensiv. Daher sollten im Rahmen des Projektes „Estudio de Interconexión Hídrica: Oportunidades y Desafíos para Chile“ des „International Centre of Excellence“ in Chile Möglichkeiten des „Water Sharings“ zwischen den einzelnen Minen und Rohrleitungen herausgestellt werden. So können die Minen, die auf etwa der selben Höhe liegen, das Wasser energiesparender auf ihrer Höhe untereinander teilen, wenn Sie selbst einen Überschuss haben. Diese neuen Möglichkeiten konnen dazu beitragen, Wasser zu sparen.

Die Rolle des DAAD Praktikums in diesem Projekt war es, die geographischen Eigenschaften dieser Verbindungensleitungen mithilfe von ArcGIS zu erstellen. So sollten die besten und energiesparendsten Routen über ein Höhen-Raser gefunden werden. Hierbei sollten drei Hauptrouten erstellt werden, eine auf Küstenniveau, eine auf ca. 1500m und eine auf 3000m Höhe. Sie wurden anschliessend mit einer simplen Energieberechnung hinsichtlich ihrer Pump-Energie-Kosten evaluiert.

2.2 METHODIK

2.2.1 Datengrundlagen

Die verwendeten Ausgangsdaten waren folgende:

- DGM Second Region Chile, 150x150m Raster
- Restriktionen (z.B. teurere Durchquerungskosten für Nationalparks), 150x150m Raster
- Vorhandene Meerwasser- oder Süsswasserrohrleitungen, Polyline
- 8 zu betrachtende Minen, Punktdaten
    - Minen mit bereits vorhandenem Meerwasserzugang: Radomiro Tomic, Spence, Escondida
    - Minen ohne Meerwasserzugang: El Arbra, Gabriela Mistral, Lomas Bayas, Zaldivar, Altonorte

2.2.2 Identifikation der Start- und Endpunkte und Routenverläufe

Es wurde unterschieden in zwei Arten von Routen:

1. Lange Verbindungsleitungen, verbinden Punkte mit bereits vorhandenem entsalztem Wasser miteinander

   a. Auf drei verschiedenen Höhen (Küste, 1500 m ü. NN, 3000 m ü. NN)
   b. Die Routen sollten für eine beidseitige Fliessrichtung optimiert sein
   c. Annahme: Q=1 m^3/s
2. Nebenleitung, entspringen den Verbindungsleitungen
   a. Versorgen nur eine Mine
   b. Fliessrichtung nur in Richtung der zu versorgenden Miene
   c. Annahme: Q=0,05 m^3/s

Unter diesen Bedingungen wurden verschiedene Routen-Szenaren mit verschiedenen Endpunkten kreiert. So Bestand für die Küsten-Route z.B. die Möglichkeit, direkt an der Strasse „Routa 1“ zu verlaufen. Paralell dazu wurde eine idealisierte Küsten-Route erstellt, die dem Kostenminimierungsalgorhytmus der GIS-Tools folgt. Ausserdem wurde für die hochgelenenen Routen eine Szenario mit einem Stopp an einem Wasserreservoir, sowie die Überschneidung mit den zu versorgenden Minen auf der Strecke entworfen. All diese Routen sollen später unter Energieaspekten miteinander verglichen werden.

2.2.3 Modellierung in ArcGIS

Um einen einheitlichen und reproduzierbaren Prozess zu erhalten, wurde im Modelbuilder gearbeitetet. In Abbildung 1 ist die Abfolge zur Erstellung einzelner Routen zu sehen.

Als erstes wurde das Tool „Weighted Overlay“ zusammen mit „Weighted Cost“ verwendet, um aus dem Restriktions-Raster und einem Neigungsraster ein gewichtetes Kostenraster zu erstellen. Dieses lieferte eine Kosteneinteilung von 1-10, wobei 1 geringen Kosten und 10 hohen Kosten entsprachen.

Dieses Kostenraster wurde anschliessend als Input für das Tool „Path Distance“ verwendet. Dieses kalkuliert die relativen Kosten, die benötigt werden, um von einem Ausganspunkt in jede Zelle zu reisen. Der Ausgangspunkt kann hierbei nur eine einzelne Zelle, oder ein Punkt sein. Beide Outputs dieses Tools fliessen anschliessend in die Berechnung des „Cost Path“ mit ein, der unter mehreren möglichen Destinationen den günstigsten Weg über das DGM sucht. Die Destinationen waren enweder Minen, oder generierte Punkte im gleichen Abstand enlang der vorhandenen West-Ost-Rohrleitungen.

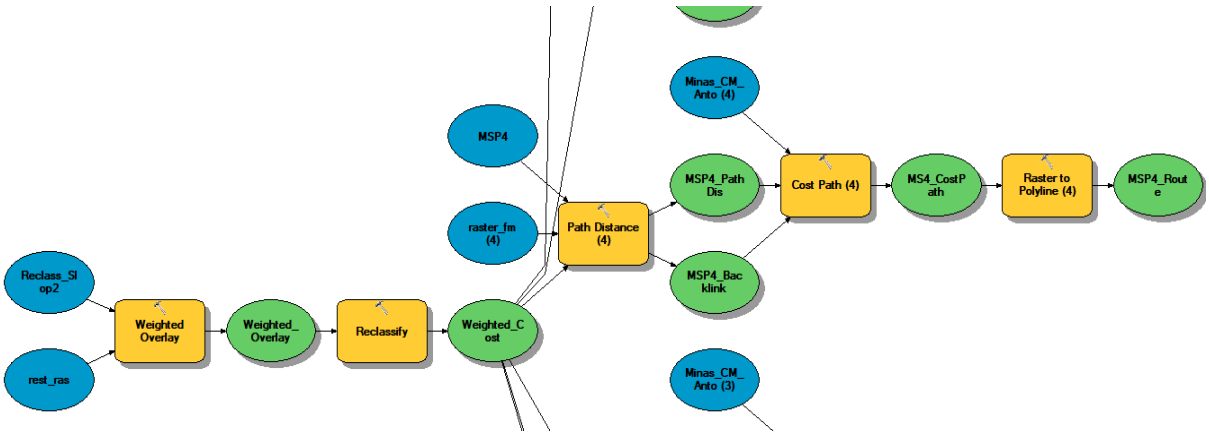

Abbildung 1: Modelbuilder Erstellen der Routen

Die so kreierten Routen können bereits optisch in einer Karte dargestellt werden. Sie erhalten jedoch noch keine Informationen zu den benötigten Energiekosten, die mit dem Durchpumen des Wassers kommen. Hierfür wurde ein weiterer Modelbuilder, zu sehen in Abbildung 2, erstellt.

Alle 22 erstellten Routen wurden in ein Shapefile zusammengefürt und durch das Tool „Stack Profile“ laufen lassen. Es gliedert den Verlauf der Linie in viele Unterlinien und stellt somit den individuellen Höhenverlauf jeder Route dar, siehe Abbildung 3. Die kreierte dbf-Tabelle wurde anschliessend für weitere Berechnungen genutzt.

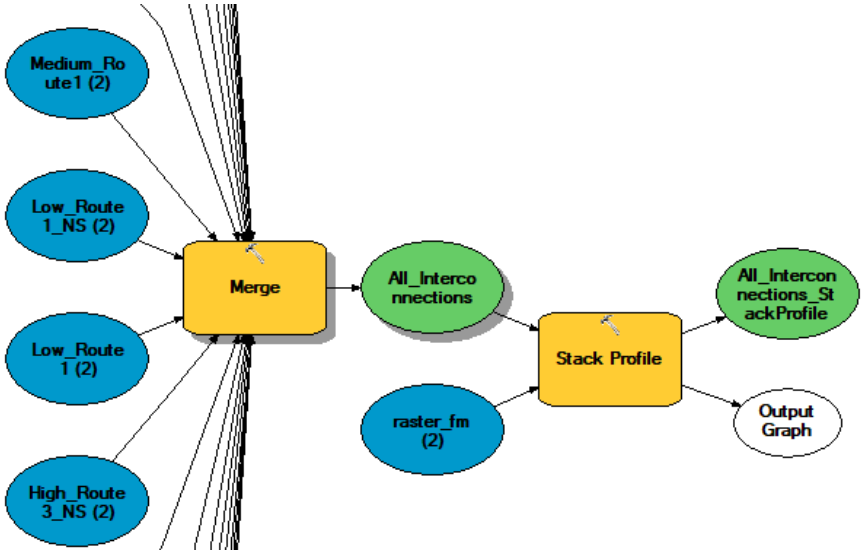

Abbildung 2: Modelbuilder Stack Profile

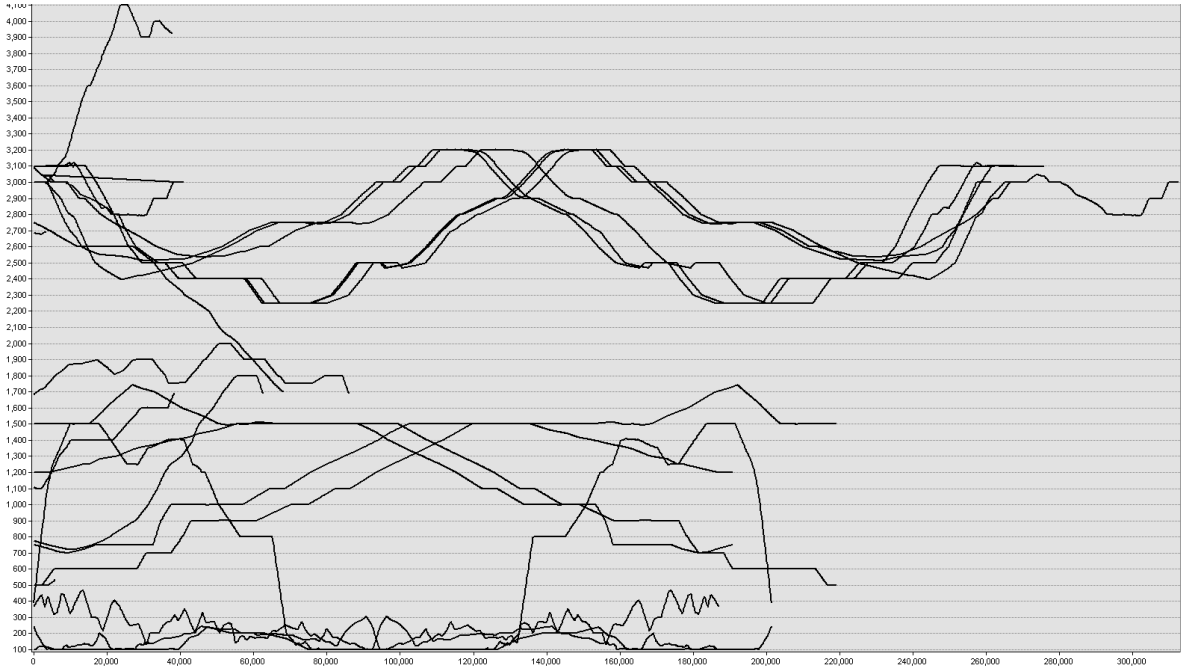

Abbildung 3: Höhenverlauf der Routen

2.2.4 Energiekalkulation mit Python

Für die überschlagene Kalkulation wurde als erstes ein geeigneter Rohrdurchmesser, basierend auf den Durchflüssen berechnet. Dies geschah durch ein Python-Skript, das mithilfe der Formel 1,6>4*Q/(math.pi*(d^2)) aus einer Auswahl von verschiedenen möglichen Durchmessern denjenigen aussucht, der eine Fliessgeschwindigkeit von 1,6 m/s zulässt. Somit

ergaben sich Durchmesser von 0,881 m und 0,198 m für je die Verbidungs- und Nebenleitungen.

Die eigentliche Energieberechnung erfolgte auf Basis der Stack Profile-Tabelle. Anbei der verwendete Code:

```
import arcpy

fc                                                                    =
"C:/2018_08_Melanie_Köhring/Interconnections_Results/Results_GDB.gdb/All_Int
erconnections_StackProfile_Join"
# adding a new field to a table
arcpy.AddField_management(fc,"deltaz","DOUBLE")
arcpy.AddField_management(fc,"deltadist","DOUBLE")
arcpy.AddField_management(fc,"energy","DOUBLE")
# populate fields
cursor = arcpy.UpdateCursor(fc)
zcur=0
zprev=0
distcur=0
distprev=0

for row in cursor:
    zcur=row.getValü("FIRST_Z")
    distcur=row.getValü("FIRST_DIST")
    if distcur==0:
        zprev=row.getValü("FIRST_Z")
        distprev=row.getValü("FIRST_DIST")
    row.setValü("deltaz",zcur-zprev)
    row.setValü("deltadist",distcur-distprev)
    Q=row.getValü("Q")
    # convert to m3/s
    # Q=Q/1000.0
    D=row.getValü("diameter")
    factor=10.674*(Q**1.852)/((140**1.852)*(D**4.871))
    energy=(zcur-zprev)+factor*(distcur-distprev)
    if energy<0:
             energy=0
    row.setValü("energy",energy)
    zprev=row.getValü("FIRST_Z")
    distprev=row.getValü("FIRST_DIST")
    cursor.updateRow(row)
```

Dabei wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Die Energie ist gleich der zu überwindenden Höhe, die sich aus der **tatsächlichen Pumphöhe** und den **Reibungsverlusten** im Rohr zusammensetzt.
- An Tiefpunkten wird Druck abgelassen um die Rohre zu schützen. Daher geht freie Energie (durch freien Fall) an diesen Punkten verloren.

  → Alle positiven Höhenänderungen auf der Strecke werden summiert, negative werden ausgelassen
- Die Reibung kann durch einen Faktor, der von Durchfluss und Rohrdurchmesser abhängt, berechnet werden. Der Faktor wird mit der gesamten Leitungslänge über das Höhenmodell multipliziert.

Die berechneten Höhenmeter wurden anschliessend in Energie in Megawatt umgerechnet.

2.3 Ergebnisse

Es wurden 15 Routen generiert, von denen 7 zweiströmig sind (Fliessrichtungen Nord-Süd und Süd-Nord). Das ergiebt 22 Linen in einem Shapefile. Die Pumpenergie-Kosten der sieben Verbindungslinien sind in Abbildung 4 dargestellt.

Für jeder der drei zu unersuchenden Höhen stellte sich jeweils eine am energieeffizientensten heraus. So benötigt die „High_Route1“ 37,47 MW aufsummierte Energie bei einer Länge von 261162,63 m. Für die Route „Medium_Route2“ wurden 42,99 MW Energie für 190718,26 m Länge berechnet. Die idealisierte Küstenroute „Low_Route_1“ hat eine Energiebilanz von 39,40 MW für 201523,71 m Länge.

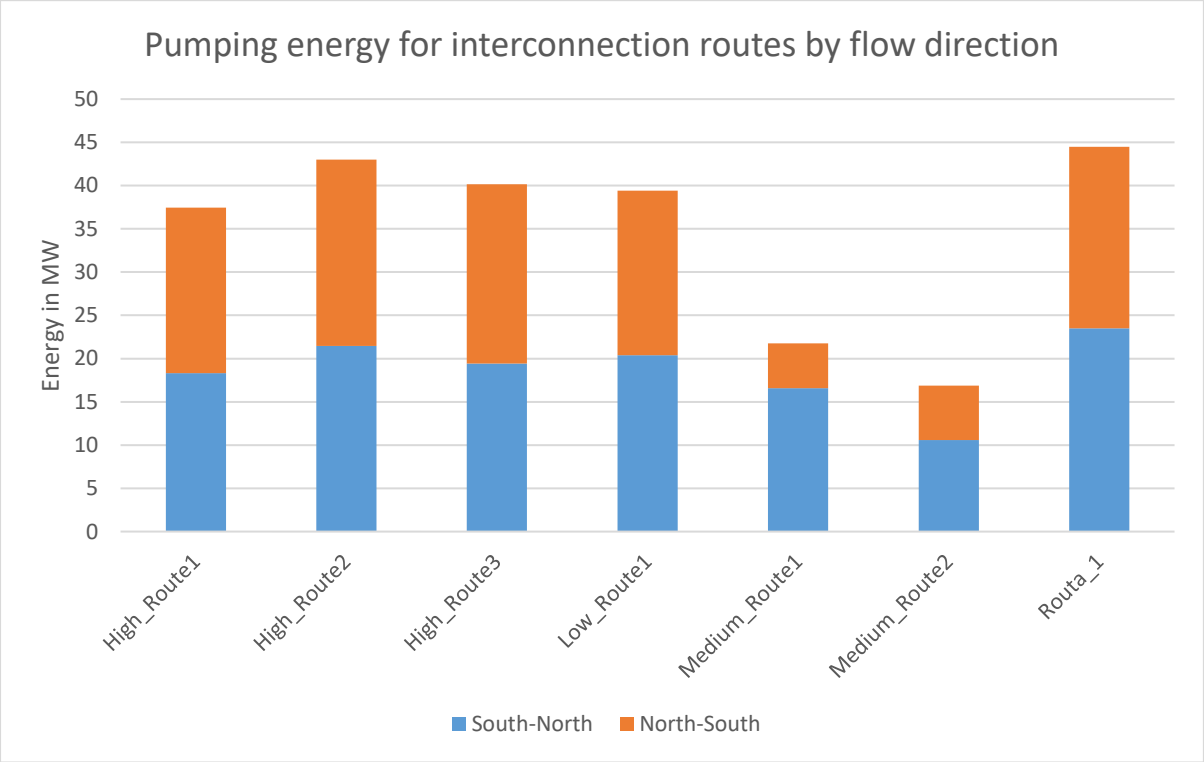

Abbildung 4: Pumpenergie für Verbindungslinien nach Fliessrichtung

Die Nebenleitungen verbuchen deutlich weniger Energie. So verbraucht die längste Route „Minor_Lomas_Bayas2“ nur 0,6719 MW Energie, wie in Tabelle 1 zu sehen ist.

Tabelle 1: Leitungslängen und Pumpenergie der Nebenleitungen

Name der Route	Leitungslänge	Pump-Energie in MW
High_Route1_Minor_ElAbra	37690.67465	0.764841103
High_Route1_Minor_GabrielaMistral	3332.107365	0.022990408
High_Route1_Minor_Spence	68022.33038	0.090590585
High_Route1_Minor_Zaldivar	10792.76898	0.066190773
Minor_AltoNorte	5773.139658	0.050252257
Minor_LomasBayas	38358.97905	0.507832901
Minor_LomasBayas2	86050.07887	0.671924396
Minor_LomasBayas3	62610.13806	0.853733795

Die Routen mit dem günstigsten Energieverbrauch sind in Abbildung 5 dargestellt. Der komplette Datensatz wurde an das kooperierende Insittut in Chile geschickt und wird dort als Teil eines Forschungsprojekt mit einer detaillierten Wasserbilanz verwendet.

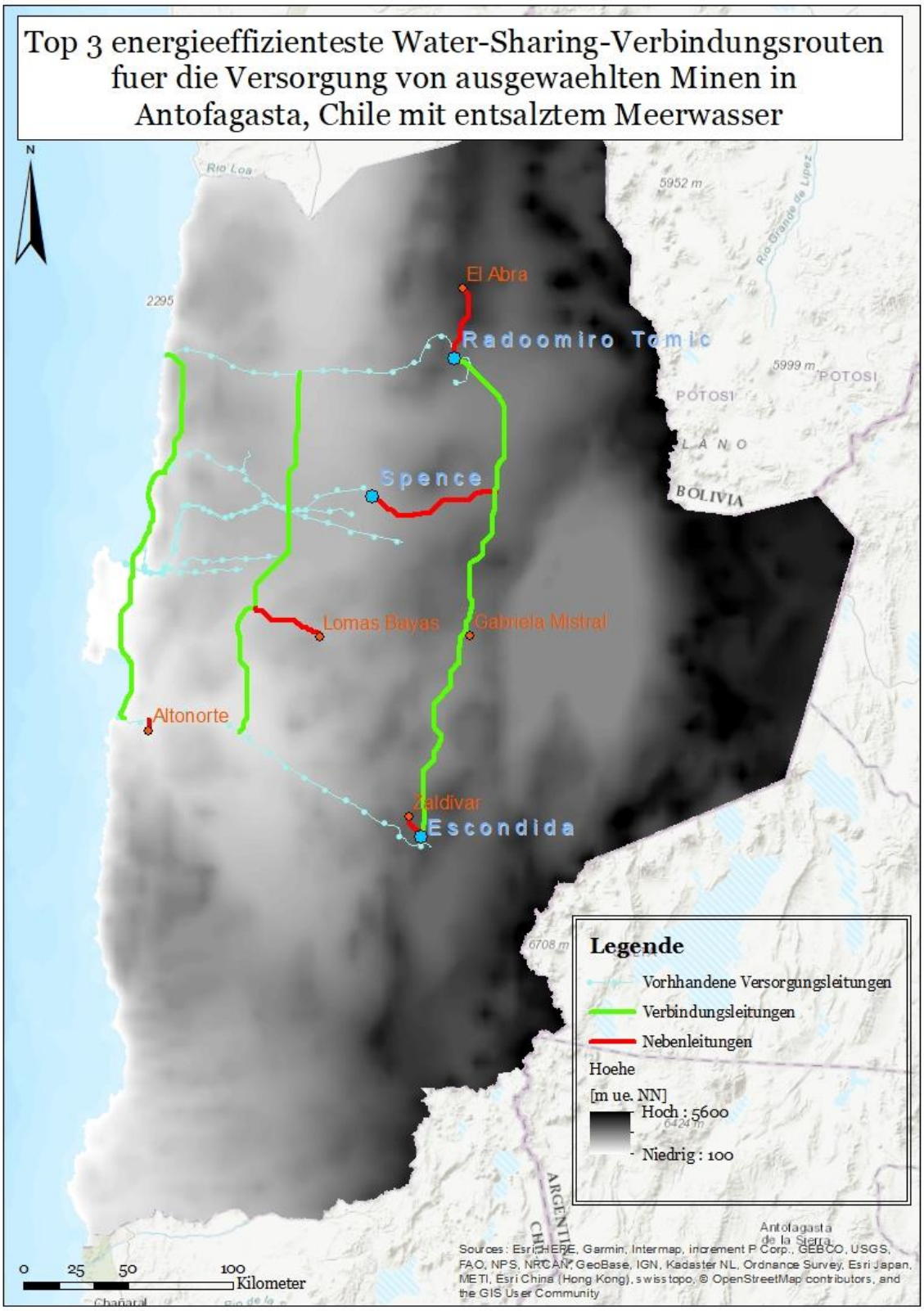

Abbildung 5: Ergebnis-Routen in Kartendarstellung

2.4 Diskussion

Die Hauptproblematik bei Anwendung dieser Methodik ergibt sich in der Aufgabenstellung, dass einige Routen in beide Richtungen benutzbar sein sollen. Die Tools „Path Distance“ und Cost Path“ suchen jeweils nur den günstigsten Weg in eine Richtung. Somit ist es auf diese Weise nicht möglich, den optimalsten Weg in beide Richtungen gleichzeitig zu finden. In diesem Projekt wurde dieses Problem so gelöst, dass die die Richtung mit dem grössten Höhenunterschied berechnet wurde und diese dann als beidseitige Route für beide Berechnungen verwendet wurde. Hierdurch wurde der Fokus auf die Minimierung der vermutlich am kotenintensivsten Pumprichtung gelegt. Dies ist nicht optimal, da die optimale Route in die andere Richtung vernachlässig wurde. Praktische Versuche haben jedoch gezeigt, dass die beiden Routen meist nur abschnittsweise und unwesentlich bis zu 15% auseinander gehen. Somit sollte es trotzdem möglich sein, erste Erkenntnisse über die Plausibilität einer solchen Water-Sharing-Verbindung zu erhalten.

Ein weiteres Problem stellt sich dann, wenn der Start- und Endpunkt nicht als einzelner Punkt, sondern als Abschnitt auf einer Rohrleitung vorhanden ist, wie für die Küsten- und Medium-Route. Denn in die genannten Tools können nur definierte Punkte eingeladen werden. Somit müssen empirisch einige Punkte auf dem Weg generiert und ausprobiert werden. Dies ist jedoch sehr zeitintensiv und liefert, besonders, wenn sowohl Start- als auch Endpunkt undefiniert sind, nicht die optimalsten Ergebnisse.

3 Fazit

Meine Zeit am SMI in Australien war in Hinblick auf meine akademische Karriere sehr hilfreich, da man insbesondere an einer Fachhochschule selten mit der akademischen Forschung in Verbindung tritt. Hier konnte ich einen tiefen Einblick gewinnen, der mir während meines Bachelorstudiums sonst nicht möglich gewesen wäre.

Das Einarbeiten ins Projekt war manchmal etwas mühselig, da die Person, die die GIS-Grundlagen erarbeitet hat, leider nicht mehr am SMI ist. Ausserdem war es manchmal etwas langweilig, immer nur an GIS am PC mit den selben Daten zu arbeiten. Dies wurde jedoch durch die tolle Arbeitsatmosphäre und die zahlreichen Mitarbeiter-Angebote ausgeglichen. Fachlich habe ich am Institut viel Neues über den internationalen Tage- und Bergbau gelernt. Meine Kennisse aus dem Studium konnte ich gut anwenden und vertiefen.

Insgesamt war meine Zeit hier, sowohl die Arbeit als auch die Freizeit, sehr schön und ich kann dieses Praktikum unbedingt weiterempfehlen!