QGIS Kurs

Grafische Modellierung



Kursziele

Am Ende dieses Kurses sind Sie in der Lage, den *QGIS Graphical Model Designer* zu nutzen, um Arbeitsabläufe zur Geodatenverarbeitung in reproduzierbare und anpassbare Modelle umzuwandeln. Sie lernen, wie Sie eigene Modelle erstellen, ausführen und als Verarbeitungswerkzeuge einsetzen können.

Maya Mielena

Willkommen zu diesem Kurs zum grafischen Modelldesigner von QGIS. Um einige interessante Arbeitsabläufe zu zeigen, erzählen wir Ihnen eine Geschichte: Die Geschichte von Maya und ihren Bienen. Die Figuren und Ereignisse sind fiktiv. Um die Geschichte interessanter zu gestalten, haben wir uns hier und da vielleicht ein wenig mitreissen lassen. Wir hoffen, Sie verzeihen uns allfällige Ungenauigkeiten und künstlerische Freiheiten, insbesondere falls sich unter den Teilnehmenden Imker:innen befinden sollten.



Das ist Maya Mielina.

Maya arbeitete während ihrer beruflichen Laufbahn als GIS-Spezialistin in Zürich. Nun ist sie pensioniert und in ihr Heimatdorf Lavertezzo zurückgezogen. Als Kind hatte sie ihrer Grossmutter bei der Imkerei geholfen, und nun beginnt sie, sich ihren lang gehegten Traum als Hobbyimkerin zu erfüllen. Seit geraumer Zeit nutzt sie QGIS zur Planung und Dokumentation ihrer Imkerei. Durch die Auswirkungen des Klimawandels hat sie Veränderungen in ihrem Bienenbestand festgestellt, und die jüngsten Hochwasserereignisse haben zum Verlust einiger Bienenstöcke geführt. Aus diesem Grund arbeitet Maya mit der ETH Zürich zusammen, um eine Methodik zu entwickeln, mit der sich die für Bienen am besten geeigneten Standorte ermitteln lassen – sowohl aktuell als auch langfristig –, wobei potenzielle Veränderungen der Umweltbedingungen berücksichtigt werden sollen.

Kriterien für geeignete Bienenstandorte

Bienen sind relativ widerstandsfähige Lebewesen. Allerdings müssen bestimmte Kriterien erfüllt sein, damit eine Biene eine ausreichende Menge an Pollen und Nektar für den Bienenstock sammeln kann. Hier ist eine Liste der Kriterien, die erfüllt sein sollten:

1. **Entfernung zum Wasser:** Eine Biene sollte nicht weiter als 1 km fliegen müssen, um Wasser zu holen (sie kann zwar längere Strecken zurücklegen, aber das schadet ihr langfristig). Um jedoch eine potenzielle **Überflutungsgefahr** zu berücksichtigen, sollten die Bienenkästen mindestens 100 m von Gewässern entfernt stehen.
2. **Naturräume:** Bienen benötigen naturnahe Lebensräume. Diese sollten zudem ausreichend gross sein, um Platz für einen kompletten Bienenstock zu bieten, mindestens 500 m².
3. **Erreichbarkeit / Transport:** Bienen mögen es nicht, umgesiedelt zu werden, und wir möchten ausserdem, dass die Bienenstöcke für Materialtransport mit dem Auto gut erreichbar sind. Der Abstand zu einer Strasse sollte 150 Meter nicht überschreiten.
4. **Topographie:** Wir wollen die Bienenstöcke nicht in sehr steilen Gebieten aufstellen, daher sollte die Hangneigung maximal 25 Grad betragen.
5. **Bienen benötigen Sonne:** Daher sollten die Bienenstöcke an Orten aufgestellt werden, die nach Südosten bis Südwesten ausgerichtet sind.
6. Optional: Die umgebende **Vegetation** muss **vital** sein**,** damit die Bienen tatsächlich genügend Pollen sammeln können.

Vom Arbeitsablauf zum Modell – ein einfach reproduzierbarer und anpassbarer Ansatz

Um die Methodik **auf verschiedene Standorte anwendbar** zu machen und eine schnelle Reproduktion der Analyse mit **angepassten Parametern** zu ermöglichen, hat Maya den Arbeitsablauf mithilfe des QGIS Model Designers in ein **Modell** umgewandelt.

Hinweis: Die Screenshots der Zwischenergebnisse in diesem Skript beziehen sich auf Mostar (Bosnien und Herzegowina), was Sie nicht irritieren sollte 🙂.



Der Model Designer

Der Model Designer ist über die Werkzeugbox von QGIS zugänglich. Mit einer benutzerfreundlichen Oberfläche können einfache und komplexe Modelle erstellt werden, um Arbeitsabläufe zu optimieren und effizienter zu gestalten (siehe untenstehende Abb.).

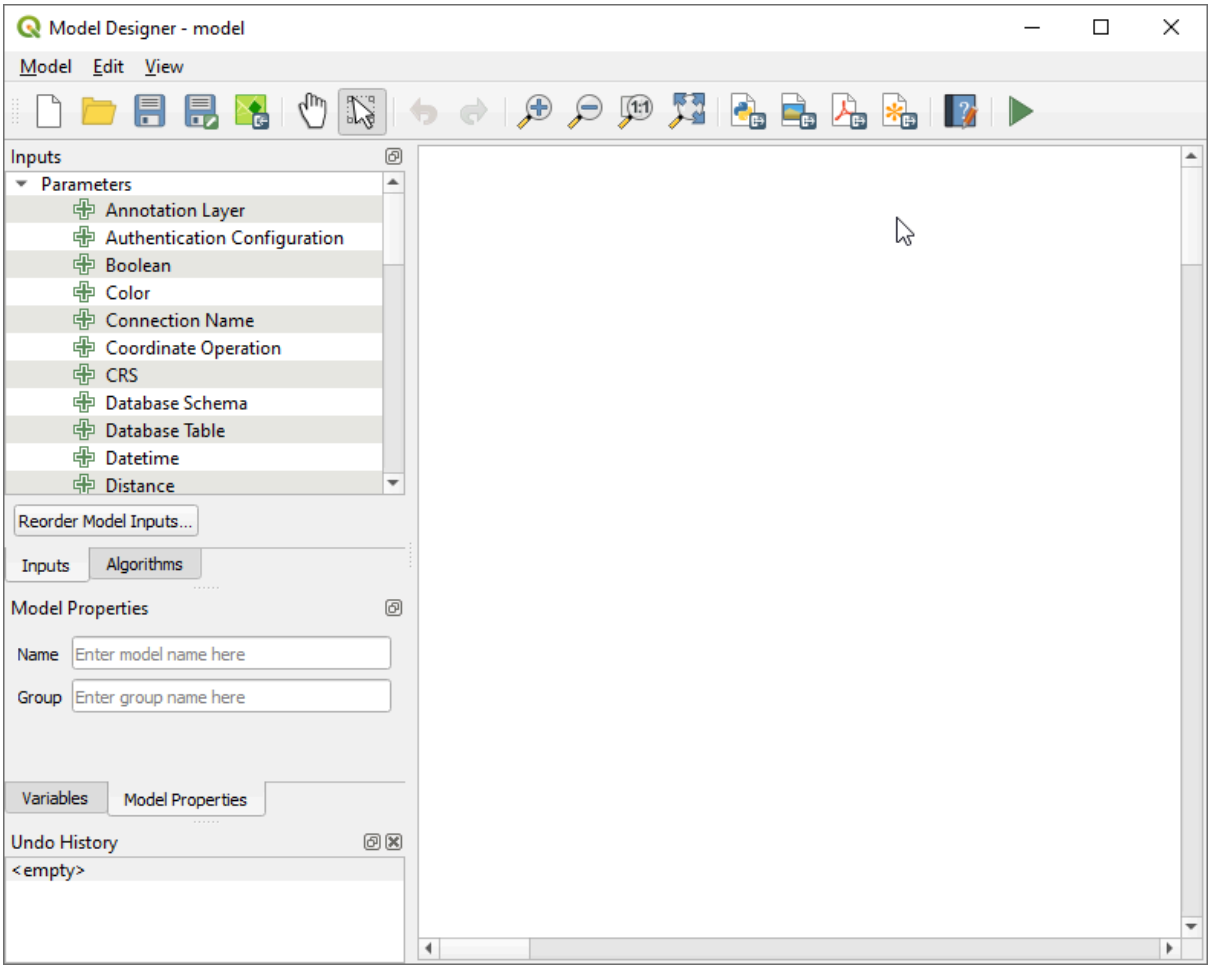

Abbildung: Die grafische Benutzeroberfläche des Model Designers in QGIS

Zunächst müssen Sie Ihrem Modell einen Namen geben. Wenn Sie später mehrere Modelle für verschiedene Projekte erstellen möchten, können Sie diese auch in Gruppen organisieren. Wenn Sie Ihre Modelle über die Werkzeugkiste aufrufen und ausführen, werden sie entsprechend gruppiert, was das Auffinden und Verwalten erleichtert.

Am oberen Rand der Benutzeroberfläche befindet sich die Navigationsleiste, über die Sie Ihr Modell speichern und darin navigieren können. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, ein Modell zu exportieren, z.B. auch als Python-Code. Falls Sie Programmierkenntnisse haben, können Sie das Modell so später noch weiter an Ihre Bedürfnisse anpassen.

Um ein Modell zu erstellen, sind zwei Dinge erforderlich:

- **Eingabe-Parameter:** Diese werden über das Eingaben-Fenster hinzugefügt.
- **Verarbeitungs-Algorithmen:** Diese werden über das Werkzeugkisten-Fenster hinzugefügt. Mit wenigen Ausnahmen können fast alle Verarbeitungsalgorithmen innerhalb von Modellen verwendet werden.

Weitere Informationen zum Model Designer finden Sie auch in der QGIS-Dokumentation.

Eingabeparameter

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für ein Algorithmus-Fenster. Für den Eingabe-Layer können Sie festlegen, welcher der nachfolgend aufgelisteten Parameter verwendet werden soll.

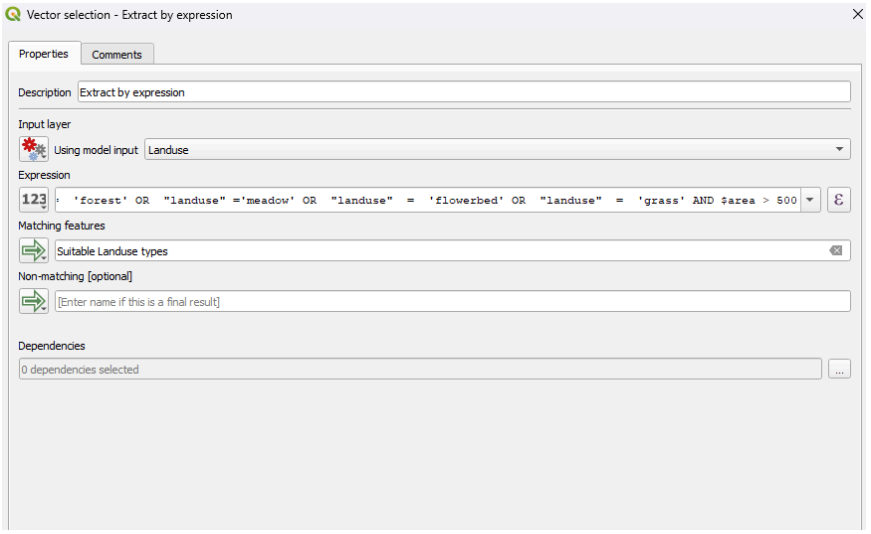

Abbildung: Beispiel für ein QGIS-Processing-Algorithmus-Dialogfenster im Model Designer

- **Wert**: Erlaubt es Ihnen, dem Parameter einen statischen Wert zuzuweisen. Abhängig vom Parametertyp können Sie z.B. eine Zahl oder eine Zeichenkette eingeben, oder im QGIS-Projekt oder aus einem Ordner geladene Layer auswählen, u.a. …
- **Vorberechneter Wert**: Öffnet den Ausdrucksgenerator und ermöglicht es Ihnen, einen Ausdruck zu definieren, um den Parameter zu füllen. Der Ausdruck wird berechnet, bevor der Hauptprozess ausgeführt wird.
- **Modelleingabe**: Ermöglicht die Verwendung einer Eingabe, die dem Modell als Parameter hinzugefügt wurde.
- **Algorithmus-Ausgabe**: Die Ausgabe eines anderen Algorithmus kann ebenfalls als Eingabe zugewiesen werden.

Ausgabeparameter

Ein Modell-Ausgabeparameter kann dieselben Optionen haben wie die Eingabeparameter.

Abhängigkeiten

Um die Reihenfolge des auszuführenden Modells festzulegen, kann jedem Algorithmus ein übergeordneter Algorithmus zugewiesen werden.

QGIS-Projekt

Daten

Für diesen Kurs benötigen Sie einige Datensätze:

- osm_data.gpkg
- DEM_90m_cropped.tif
- 2 Sentinel-2-Satellitenbild-Kacheln (T32TNS_20260912T102019_B04_10m.jp2, T32TNS_20260912T102019_B08_10m.jp2)

Modelle

- OSM_importer.model3
- waterways.model3
- DEM.model3
- NDVI.model3
- ndvi_reclassification.model3

Maya nutzt die Open Source GIS-Software QGIS.

→ Starten Sie ein neues QGIS-Projekt. Wir beginnen damit, eine Hintergrundkarte hinzuzufügen. Im Browser-Panel können Sie dann zum *Projekt-Heimatverzeichnis* navigieren und alle Datensätze ausfindig machen.
→ Speichern wir das Projekt und legen ausserdem die Datensätze und Modelle im gleichen Ordner ab.

Plugin-Erweiterung (OSM Place Search)

Um ihr Projektgebiet einfach zu identifizieren, verwendet Maya das Plugin «OSM Place Search».
→ Gehen Sie zu **«Plugins» > «Plugins verwalten und installieren…» >** und suchen Sie nach «OSM Place Search». Anschliessend können Sie Ihr Interessengebiet (z.B. eine Gemeinde) eingeben und es als (temporären) Layer zum Projekt hinzufügen.

OSM-Modell

Maya hatte das Glück, auf ein bereits bestehendes Modell zurückgreifen zu können, das OSM-Rohdaten in allgemeine Objekt-Layer umwandelt, die sie anschliessend in ihre Methodik integrieren kann. Maya ist eine grosse Verfechterin von Open Data. Die OSM-Rohdaten könnten auch über das Plugin «Quick OSM» abgerufen werden.

→ Beginnen wir damit, das Modell in unsere Projektumgebung einzufügen.

Navigieren Sie zur Werkzeugkiste. Das Symbol «  » entspricht dem Symbol für Modelle. Klicken Sie auf “Vorhandenes Modell öffnen”, navigieren Sie zum entsprechenden Verzeichnis und laden Sie die .model3-Datei in Ihr Projekt.

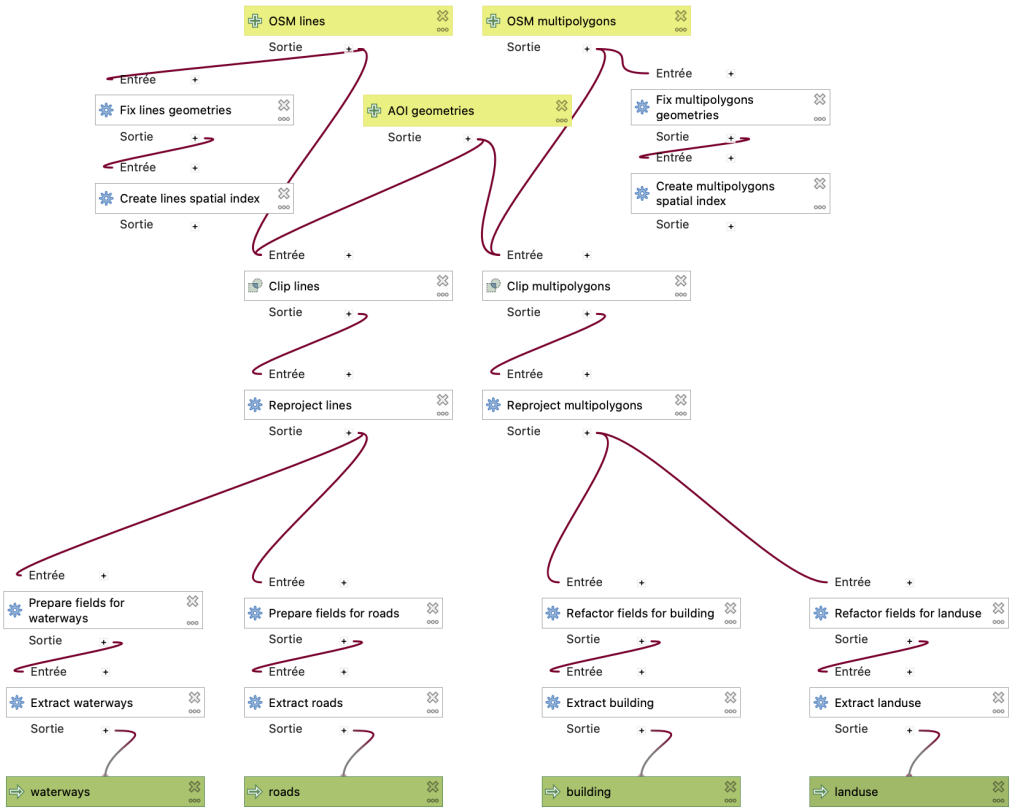

Abbildung: Vorbereitetes OSM-Modell

Dieses Modell enthält drei Eingabe-Parameter und vier Ausgabe-Layer sowie 16 Verarbeitungsschritte. Zunächst beheben wir etwaige Geometriefehler in den OSM-Rohdaten und erstellen räumliche Indizes, um die Performance zu verbessern. Anschliessend werden die Daten auf ein Projektgebiet (AOI = area of interest) zugeschnitten und in ein gewünschtes Koordinatensystem umprojiziert. Als letzten Schritt werden die erforderlichen Objekttypen und ihre entsprechenden Felder für die weitere Analyse extrahiert.

→ Starten wir das Modell, indem wir auf das Symbol « ▶ » klicken. Sie werden nach den drei Eingabe-Layern gefragt, die wir aus dem bereitgestellten Datensatz «osm.gpkg» auswählen.

Das war erfolgreich! Nun verfügt Maya über alle wesentlichen Grundlagen-Daten, die sie zur Anwendung ihrer Methodik benötigt.

Modell für geeignete Standorte

Gewässer

Schauen wir uns die Kriterien noch einmal an. Bienen benötigen Zugang zu Wasser. Maya beginnt damit, eine Pufferzone um die vorhandenen Gewässer zu erstellen, um sicherzustellen, dass die Standorte nicht zu weit von der nächsten Wasserquelle entfernt sind.

→ Öffnen Sie ein neues Modell und geben Sie ihm einen Namen.

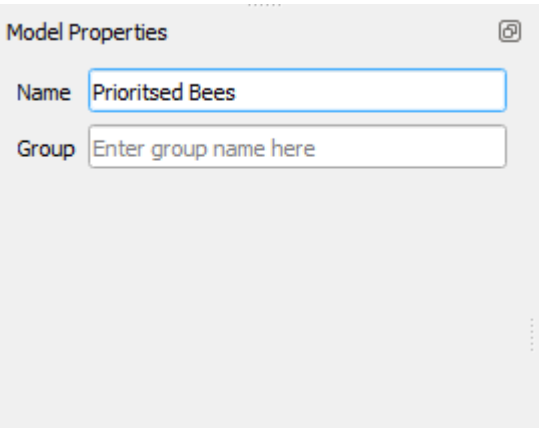

Abbildung: Modellparameter

→ Fügen Sie einen Eingabe-Parameter namens «waterways» hinzu und definieren Sie den Geometrietyp. Sobald Sie auf «OK» klicken, erscheint dieser in der Benutzeroberfläche des Model Designers.

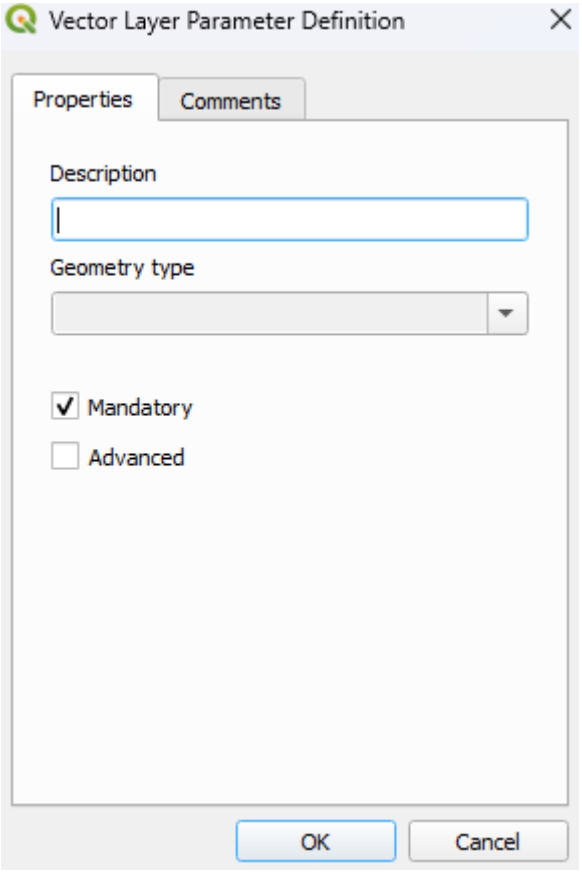

Abbildung: Erstellung eines Eingabe-Parameters

Nun möchten wir das Puffer-Werkzeug zum Modell hinzufügen.

→ Suchen Sie in der Werkzeugkiste nach dem Puffer-Werkzeug. Durch einen Doppelklick darauf öffnet sich das untenstehende Fenster. Wir passen es an unsere Bedürfnisse an.



Abbildung: Algorithmus-Dialog des Puffer-Algorithmus

→ Legen Sie den Eingabe-Layer als *«Modelleingabe»* fest und wählen Sie die *waterways* aus.
→ In diesem Fall legen wir zunächst einen vordefinierten Wert für den Abstand fest. Setzen Sie den Wert auf 1000. Wir wollen zudem das Ergebnis auflösen, um später mit nur einem Feature weiter zu arbeiten. Als Ausgabetyp können wir einen Namen eingeben, zum Beispiel: waterways_buffer_1km. Klicken Sie auf «OK».

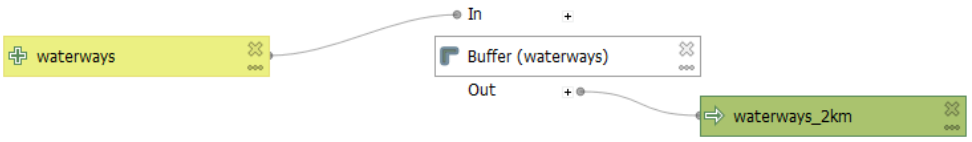

Abbildung: Einfaches erstes Modell mit einer Eingabe, einem Verarbeitungsschritt und einer Ausgabe

Der Ausgabe-Layer wird dadurch als temporärer Layer ins QGIS-Hauptfenster geladen. Wenn Sie das Modell nun ausführen, entspricht dies dem bereits bekannten Puffer-Verarbeitungswerkzeug. Aber Moment: Die für Bienenstöcke geeigneten Gebiete müssen zudem mindestens 100 Meter von Gewässern entfernt sein.

→ Dazu können wir den Puffer-Verarbeitungsschritt einfach kopieren (mit copy / paste, d.h. Strg+C bzw. +V), legen den Pufferabstand nun aber stattdessen auf 100 m fest.

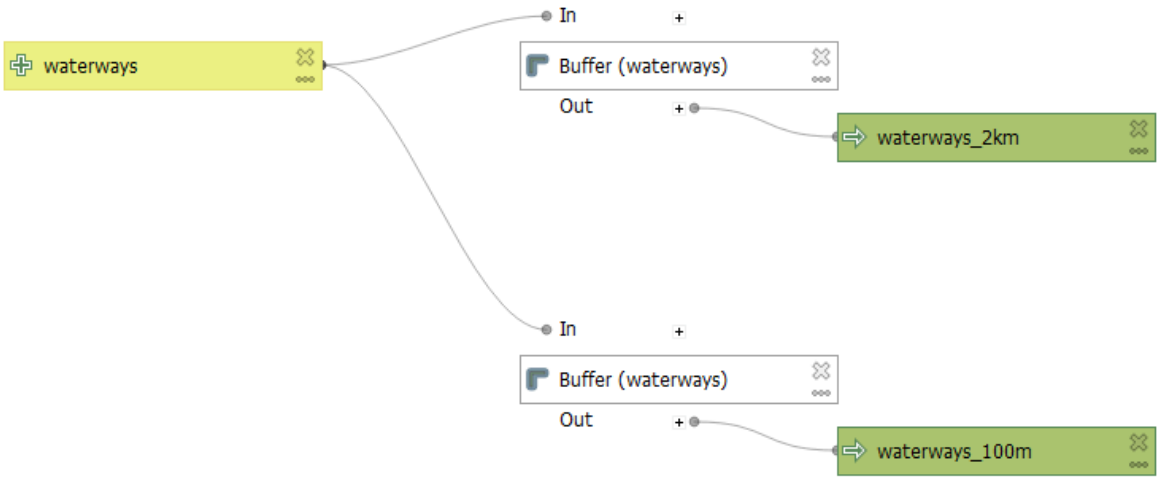

Abbildung: Benutzeroberfläche mit den beiden Puffer-Werkzeugen.

Um die 100-m-Pufferzone von den geeigneten Standorten auszuschliessen, fügen wir unserem Modell einen weiteren Schritt hinzu: den *Differenz-Algorithmus*. Diesmal können wir die Ausgaben der beiden Puffer-Verarbeitungsschritte direkt verwenden. Wenn Sie möchten, können Sie für diesen Schritt auch Abhängigkeiten festlegen; dies ist hier aber nicht notwendig.

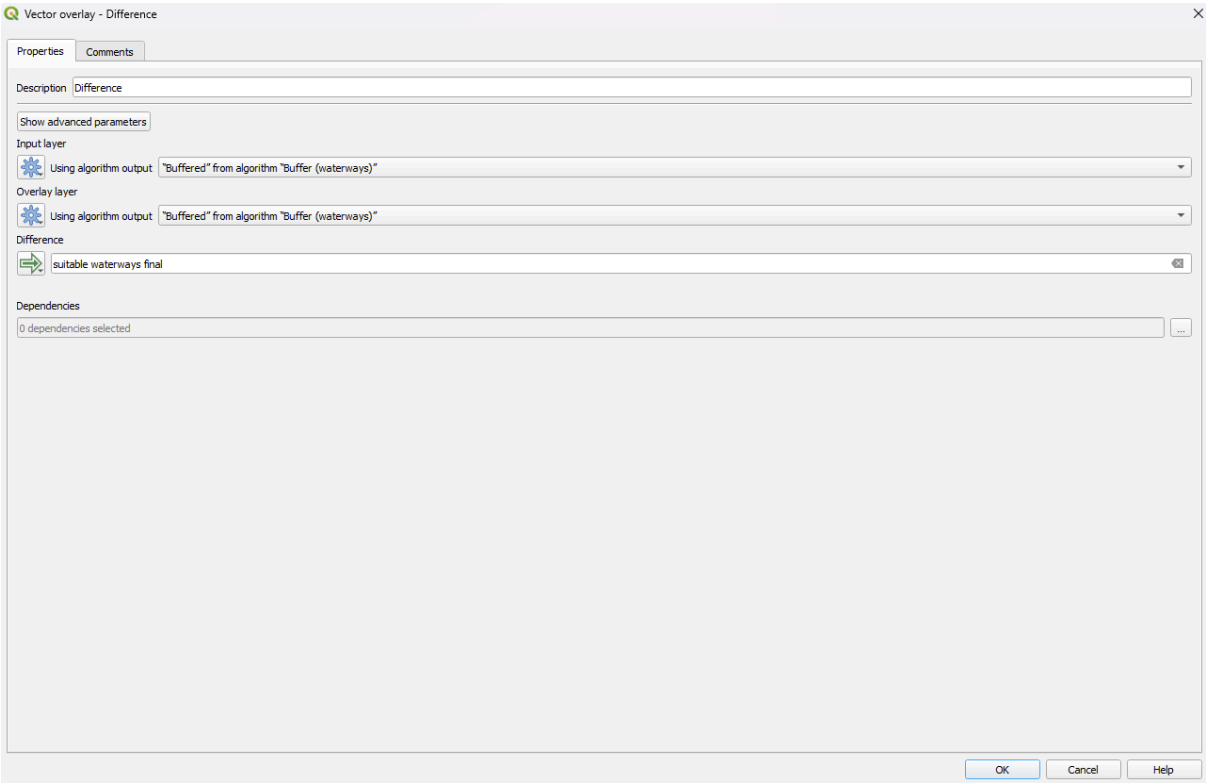

Abbildung: Werkzeug zur Differenz-Verarbeitung

Versuchen wir nun, das Modell auszuführen. Wow! Das sieht gut aus. Wir haben erfolgreich unser erstes Modell erstellt.

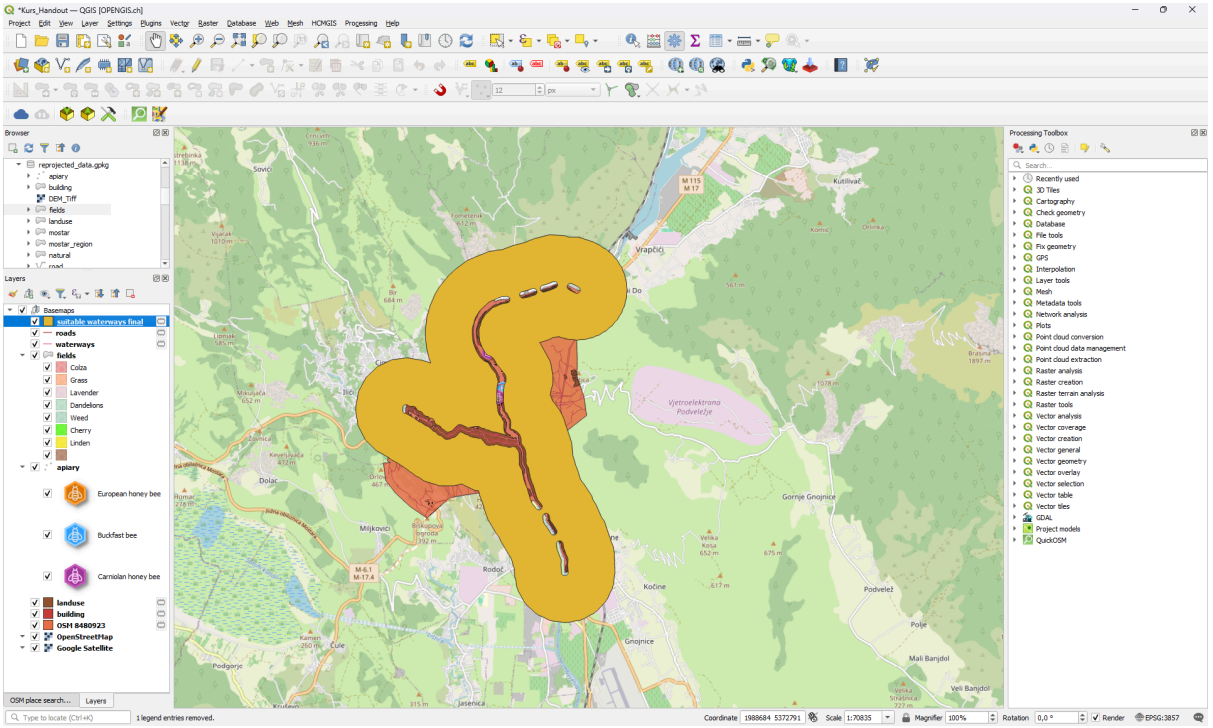

Abbildung: Ausgabe der Standorte mit geeigneten Abständen zu den Gewässern

Naturräume

*Maya weiss, dass Bienen Naturräume benötigen. Blühstreifen, extensives Grünland, Streuobstwiesen oder lichte Waldränder sind zum Beispiel besonders geeignete Landnutzungsformen. Ausserdem sollte die Fläche gross genug sein, um einen ganzen Bienenstock aufzunehmen. Im Layer **«landuse»** finden sich hierzu einige wertvolle (wenn auch stark vereinfachte…) Informationen.*

Im Layer «landuse» gibt es mehr als 10 Kategorien, doch Bienen können nur von einigen davon profitieren. Wir werden ein Modell erstellen, das die richtigen Landnutzungstypen auswählt.

→ Fügen Sie die Landnutzung als neuen Eingabe-Parameter hinzu. Wir werden die geeigneten Landnutzungstypen mithilfe des Algorithmus *«Nach Ausdruck extrahieren»* extrahieren. Verwenden Sie dazu den unten angegebenen Ausdruck.

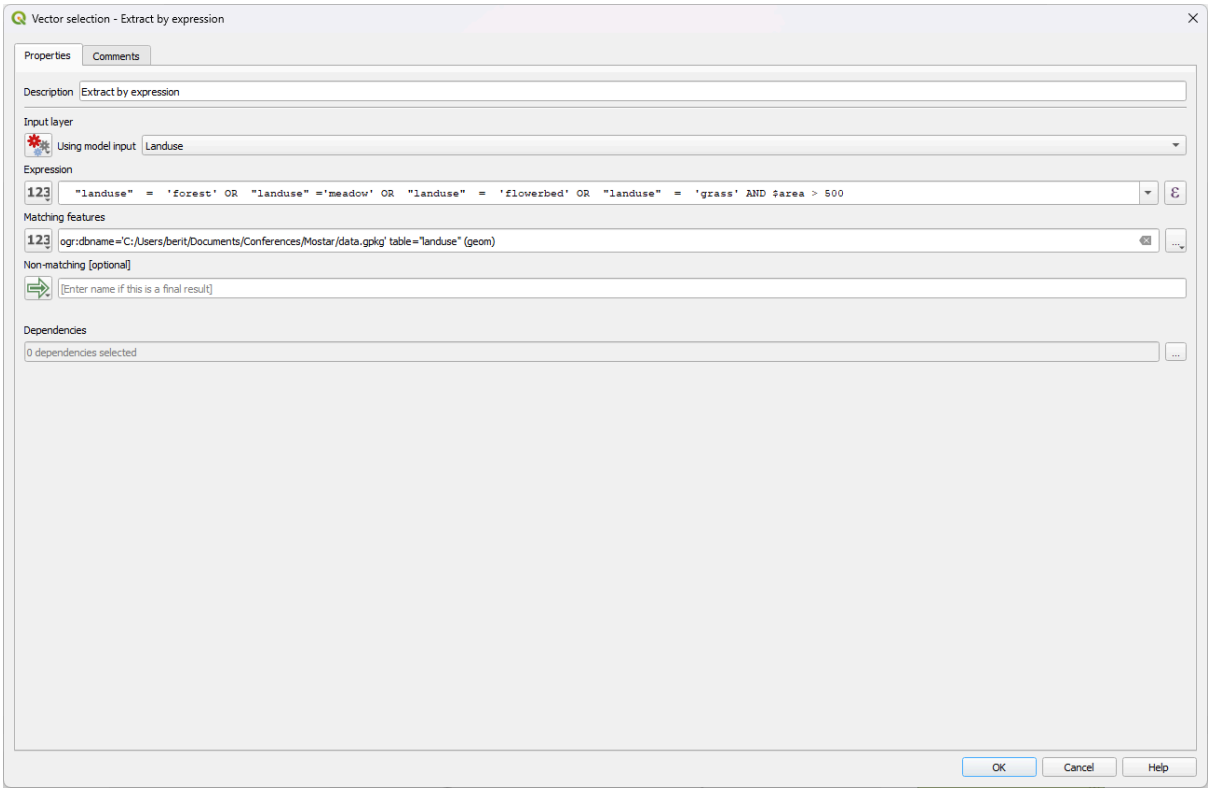

Abbildung: Fenster des Algorithmus «Nach Ausdruck extrahieren» (Hinweis: Hier wurde eine alternative Syntax verwendet)

```
"landuse" IN ('forest', 'meadow', 'orchard', 'farmland',
'flowerbed', 'grass') AND $area > 500
```

Als Ausgabetyp könnten wir wie zuvor einfach einen temporären Layer hinzufügen, doch in diesem Fall haben wir einen vordefinierten Wert festgelegt. Mit dieser Option kann ein neues Geopackage erstellt werden, in dem die Ausgabe des Algorithmus direkt gespeichert wird. Dies ist nicht zwingend erforderlich, kann aber in manchen Fällen nützlich sein.

Erreichbarkeit

Maya weiss, dass Bienen es nicht mögen, umgesiedelt zu werden, und dass sie empfindlich auf übermässige Bewegung reagieren. Ausserdem möchte sie, dass die Bienenstöcke leicht mit dem Auto zugänglich sind, um das Tragen von schwerem Material über weite Strecken zu vermeiden. Deshalb schlägt sie vor, dass die Bienenstöcke nicht weiter als 150 m von einer Strasse entfernt stehen sollten.

Wir erstellen einen weiteren Puffer um die Strassen herum, um sicherzustellen, dass die Bienenstöcke gut erreichbar sind.

→ Fügen Sie einen neue Eingabe-Parameter für die Strassen hinzu.
→ Fügen Sie dem Modell einen weiteren Puffer-Algorithmus hinzu und wählen Sie dabei 150 m als Abstand.

Modelle zusammenfügen

Nun haben wir drei separate Teile, die wir zusammenfügen möchten. Ordnen wir das Modell zunächst übersichtlich an, indem wir den verschiedenen Teilen (Gewässer, Landnutzung, Strassen) sogenannte Gruppenrahmen hinzufügen.

→ In der Navigationsleiste: ***«Bearbeiten» > «Gruppenrahmen hinzufügen***». Geben Sie den Gruppenrahmen aussagekräftige Namen und platzieren Sie sie um die jeweiligen Verarbeitungsschritte bzw. Modellteile.

Welches Werkzeug fehlt nun noch, um die drei Ergebnisse zu kombinieren? (→ Das Werkzeug *Verschneidung (mehrere)*).

Die *Eingabe-Layer* sind natürlich die in den vorherigen Schritten erstellten Ausgabe-Layer. Da wir jedoch mehr als zwei Layer verschneiden wollen, müssen wir die zusätzlichen Eingabe-Layer als “Vorberechneter Wert” bereitstellen. Einen der drei bestehenden Ausgabe-Layer können wir als neuen Eingabe-Layer auswählen, aber dann müssen wir die anderen beiden noch als Überlagerungslayer hinzufügen.

→ Öffnen Sie dazu den Ausdrucksgenerator.

Wie Sie sehen, stehen mehr Variablen als üblich zur Verfügung. Diese entsprechen den Variablen, die innerhalb des Modells erstellt wurden. Wir müssen diejenigen Variablen auswählen, die den beiden Ausgabe-Layern entsprechen, und sie in Form eines Arrays übergeben.

→ Wählen Sie die Variablen aus, die den beiden Ausgabe-Layern entsprechen, und fügen Sie sie zu einem Array zusammen:

```
array(Variable 1; Variable 2)
```

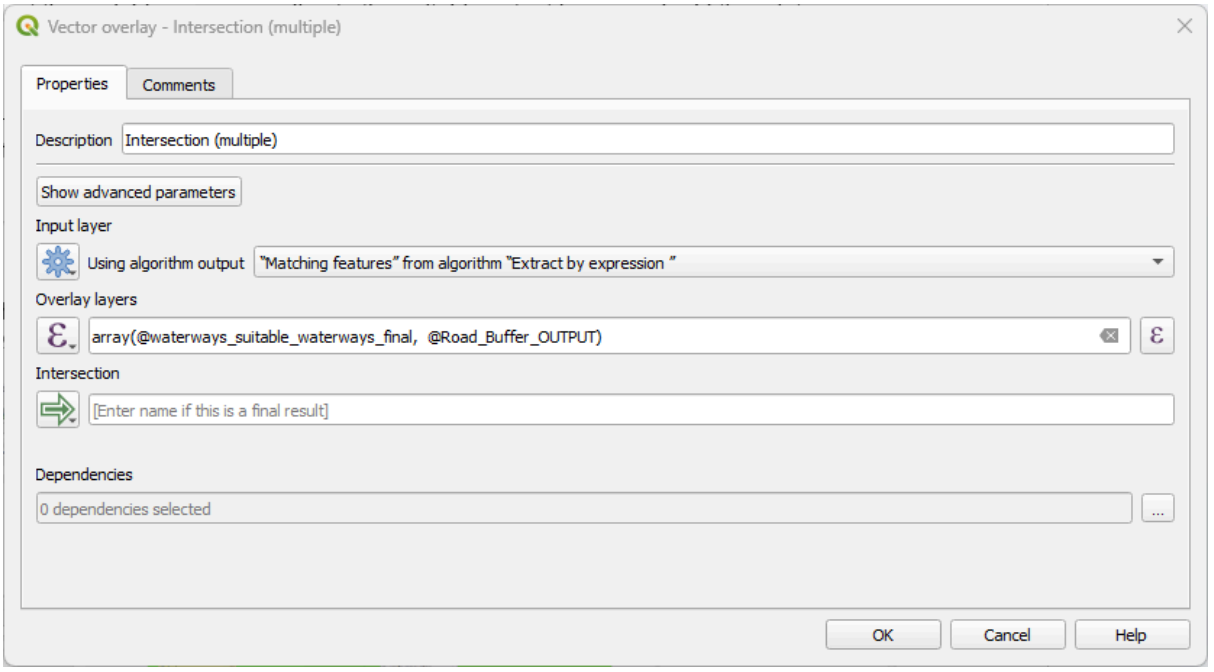

Abbildung: Das Werkzeug “Verschneidung (mehrere)”

Möglicherweise möchten Sie das Ergebnis als letzten Schritt noch auflösen (Werkzeug *Auflösen*).

→ Wenn wir möchten, können wir nun die Reihenfolge anpassen, in der Eingabe- und Ausgabeparameter angezeigt werden, wenn das Modell ausgeführt wird : ***«Modell» > «Modelleingaben neu anordnen» / «Ausgabelayer neu anordnen»***.

→ Man hätte die verschiedenen Teile des Workflows auch als separate Modelle speichern können. Indem Sie über das *Fenster «Werkzeugkiste»* zu *«Modelle»* navigieren, können Sie zuvor erstellte und abgespeicherte Modelle als Tools in ein anderes Modell importieren. Im folgenden Screenshot wurde der Workflow «waterways» als separates Modell gespeichert und anschliessend importiert. Dabei müssen Sie möglicherweise die Eingabeparameter erneut definieren.

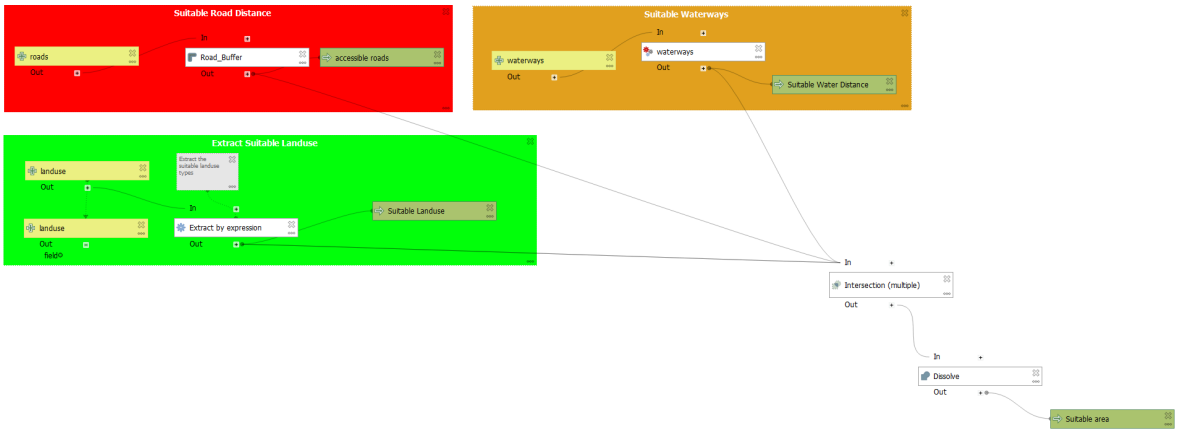

Abbildung: Unser Modell, das drei separate Prozesse enthält, wobei der Workflow «waterways» als separates Modell gespeichert und anschliessend importiert wurde.

Rasteranalyse (DGM)

Maya weiss, dass sie bei der Suche nach geeigneten Standorten auch die Topografie und die Sonneneinstrahlung berücksichtigen muss. Dazu benötigt sie ein digitales Geländemodell (DGM). Nachdem sie sich umgehört hat, erzählt ihr ihre Freundin Linda von einem globalen DGM mit einer Auflösung von 90 m, das sie nutzen kann, egal wo sie sich gerade befindet: Globales DGM

Wir erstellen ein separates Modell, das wir später in das bestehende integrieren können. In den Workshop-Daten ist eine zugeschnittene Version des DGM enthalten.

→ Fügen Sie es dem Projekt hinzu.

Falls Sie kein zugeschnittenes DGM zur Verfügung haben, ist es sinnvoll, das DGM zunächst manuell oder innerhalb des Modells zuzuschneiden (und ggf. umzuprojizieren). Durch die Verwendung eines kleinen DGM läuft das Modell deutlich schneller.

Hangneigung

Um einen guten Zugang zu den Bienenstöcken zu haben, sollte die Hangneigung nicht zu gross sein (≤ 25 Grad).

→ Fügen Sie dem Modell einen neuen *Eingabeparameter* hinzu. Diesmal wählen wir einen *Rasterlayer*; geben Sie ihm einen Namen.

→ Suchen Sie unter den Algorithmen nach *«Neigung»* und fügen Sie diesen dem Modell hinzu. Als Eingabeparameter wählen wir das DGM. Klicken Sie auf «OK» und führen Sie das Modell aus.

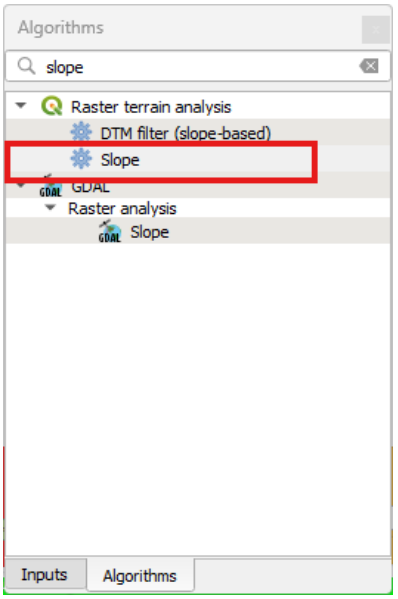

Abbildung: Hangneigungs-Algorithmus

Im nächsten Schritt verwenden wir das Werkzeug *«Nach Tabelle neuklassifizieren»,* um die Pixelwerte in 1 und «NoData» neu zu klassifizieren.

Dazu klicken wir im Algorithmus-Dialogfeld auf *«Zeige fortgeschrittene Parameter*» und setzen dann die Option *«Leerwert verwenden*, *wenn Wert in keinen Bereich passt»* auf *«Ja*».

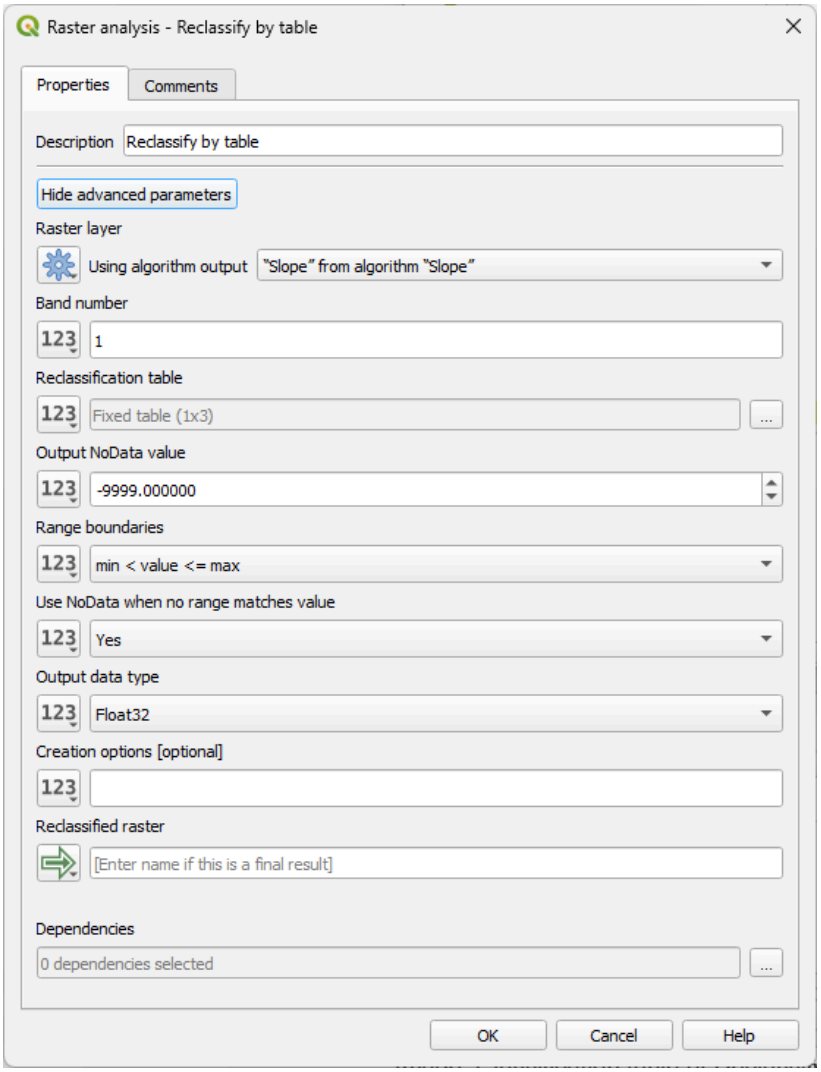

Abbildung: Algorithmus «Nach Tabelle neuklassifizieren»

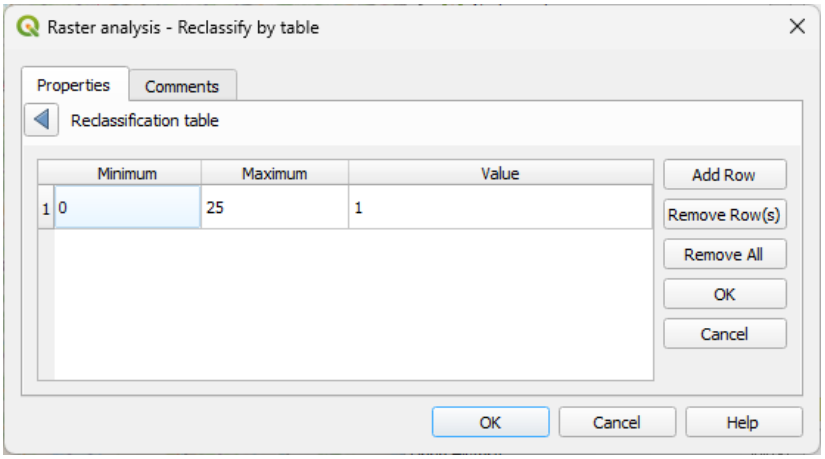

Abbildung: Klassifizierungstabelle des Tools «Nach Tabelle neuklassifizieren»

Sonnige Gebiete

Bienen sind wechselwarme Insekten und stark vom Aussenklima abhängig. Die Ausrichtung eines Bienenstocks zur Sonne ist für die Produktivität eines Bienenvolkes von zentraler Bedeutung. Um dies zu berücksichtigen, bestimmen wir die Ausrichtung des DGM und identifizieren die Gebiete, die **nach Südosten** bis **Südwesten** ausgerichtet sind.

→ Fügen Sie dem Modell das Tool *«Exposition»* hinzu. Als *Eingabeparameter* dient erneut das DGM.

Da wir nun die Ausrichtung kennen, können wir die sonnigen Gebiete bestimmen. Wir wollen nur Standorte berücksichtigen, die nach Südosten bis Südwesten ausgerichtet sind, daher sollte die Ausrichtung zwischen **135°** und **225°** liegen**.**

Alle Gebiete, die nicht in diesem Bereich liegen, müssen aus den geeigneten Gebieten ausgeschlossen werden. Dazu werden wir unser Raster erneut reklassifizieren, diesmal mithilfe des *Rasterrechners*, wodurch geeignete und ungeeignete Gebiete mit den Werten 1 bzw. 0 entstehen.

→ Fügen Sie den Algorithmus *«Rasterrechner»* hinzu und wählen die Ausgabe des Tools «Exposition» als *Eingabe.* Definieren Sie den folgenden Ausdruck:

“A@1” >= 135 AND “A@1” <= 225

Die beiden Ausgaberaster (bzgl. Hangneigung und Exposition) stellen nun geeignete Gebiete basierend auf den erforderlichen Wertspannen dar. Das Neigungsraster enthält den Wert 1 für geeignete Gebiete und «NoData» für ungeeignete Gebiete, während das Expositionraster die Werte 1 und 0 für geeignete bzw. ungeeignete Gebiete enthält.

Das Ziel besteht nun darin, die ungeeigneten Gebiete aus der Analyse auszuschliessen. Dazu kann das Neigungsraster durch das Expositionraster geteilt werden. Da eine Division durch Null nicht möglich ist, werden Zellen mit dem Wert 0 im Expositionraster aus dem Ergebnis ausgeschlossen. Die verbleibenden geeigneten Zellen behalten den Wert 1 bei, was ein Raster liefert, das diejenigen Gebiete darstellt, die gemäss beiden Kriterien geeignet sind.

→ Fügen Sie einen weiteren *«Rasterrechner»*-Algorithmus hinzu. Diesmal entspricht der Eingabeparameter den beiden Ausgaben der vorherigen Prozesse (Neigung und Exposition).

Dazu benötigen wir ein Array von Eingaben. Ändern Sie den *Eingabelayer* auf «  » und geben Sie den folgenden Ausdruck ein: `array(Variable 1; Variable 2)`, wobei die Variablen natürlich entsprechend ausgewählt werden müssen.

Definieren Sie dann als Ausdruck `"A@1"/"B@1"` (siehe untenstehende Abb.)**.**

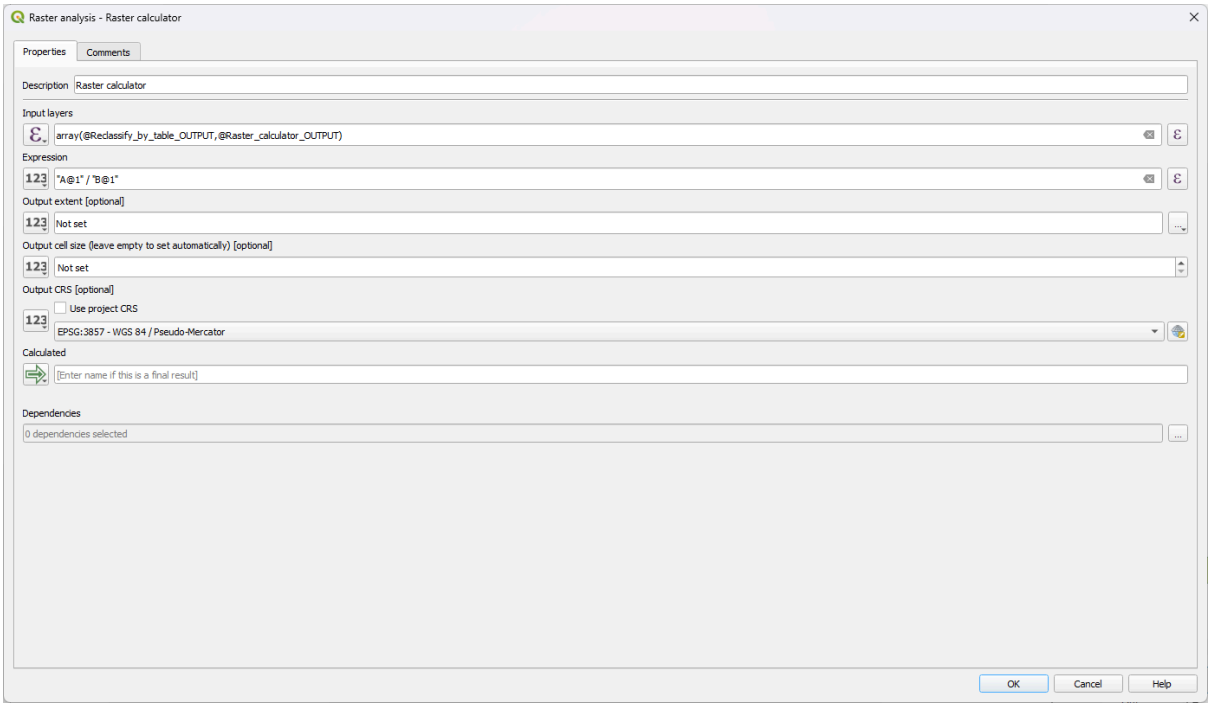

Abbildung: Rasterrechner

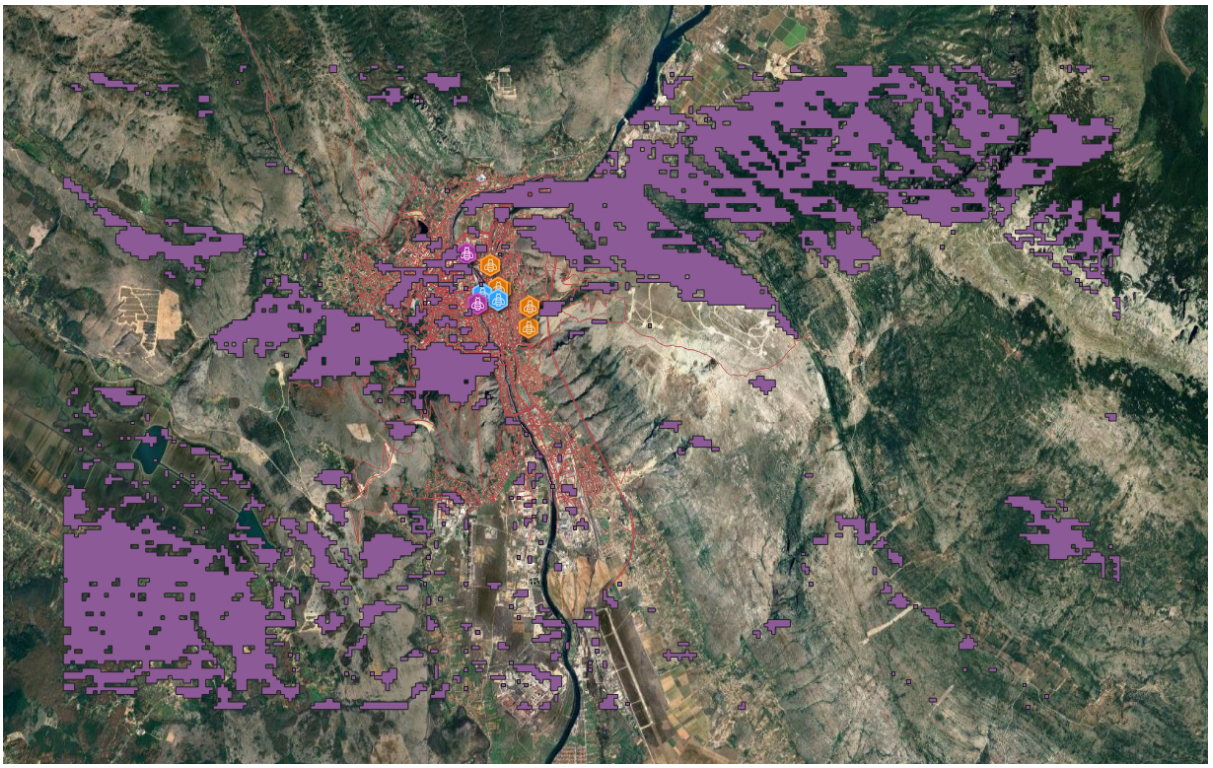

Abbildung: Sonnige Gebiete mit mässig steiler Hangneigung

Da wir nun die geeignete Fläche identifiziert haben – sonnig und nicht zu steil –, können wir das Ergebnis vektorisieren, um es mit den anderen geeigneten Standorten zu verschneiden.

→ Suchen Sie das Werkzeug *«Vektorisieren» (Raster nach Vektor)* und fügen Sie es dem Modell hinzu. Der *Eingabelayer* ist die letzte Ausgabe des *Rasterrechners*.

Sobald Sie das Ergebnis dem Projekt hinzugefügt haben, können Sie die Symbolik ändern, um die Daten besser darstellen und analysieren zu können.

Speichern Sie schliesslich das Modell ab. Geben Sie, wie Sie bereits wissen, den Namen des Modells und optional eine Gruppe ein. Speichern Sie das Modell anschliessend über Menü -> *Modell -> Modell speichern als.* Um Verwechslungen oder das versehentliche Überschreiben von Dateien zu vermeiden, wird empfohlen, für das Modell und die entsprechende `.model3`-Datei denselben Namen zu verwenden.

Optionaler Teil 1: NDVI-Berechnung

Maya findet es wichtig, auch Datensätze zu verwenden, die aktuelle Bedingungen widerspiegeln. Deshalb besorgt sie sich aktuelle Sentinel-2 Satellitenbilder, um den sogenannten normalisierten differenzierten Vegetationsindex (NDVI) für das Projektgebiet zu berechnen.

Der NDVI ist ein häufig verwendeter Indikator für den Zustand der Vegetation. Er liefert Informationen über das Vorhandensein, die Dichte und die Vitalität grüner Vegetation und kann auch zur Erkennung von Vitalitätsveränderungen der Vegetation verwendet werden. Bei Sentinel-2-Bildern wird der NDVI anhand der Reflexionswerte im roten Spektralbereich (Band 4) und im nahen Infrarotbereich (Band 8) nach folgender Formel berechnet:

NDVI = (NIR − R) / (NIR + R)

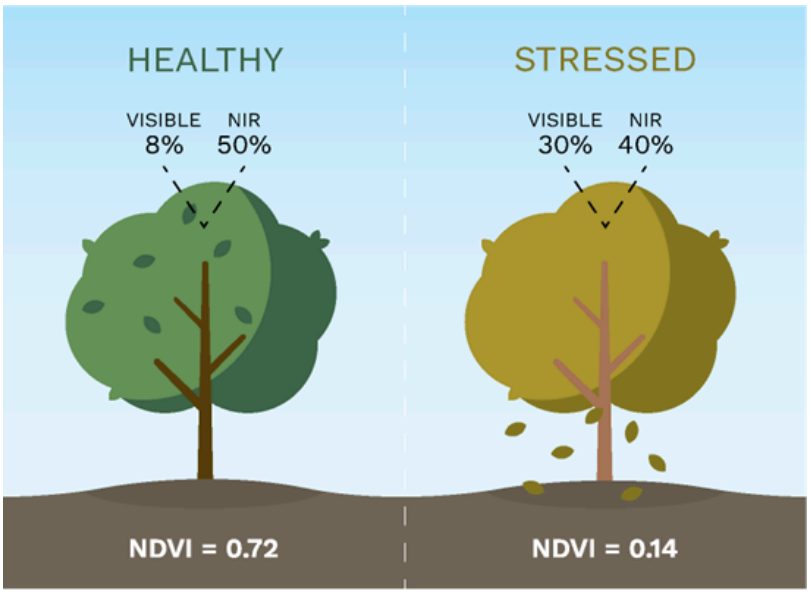

Abbildung: Unterschiede in der spektralen Reflexion zwischen gesunder und gestresster Vegetation im sichtbaren/roten und im nahen Infrarot (NIR)-Band, was zu unterschiedlichen NDVI-Werten führt. (Quelle: https://geoimage.com.au/blog/what-ndvi-and-its-fundamental-advantages)

Dafür wurden die erforderlichen Sentinel-2-Bänder bereits für die Übung heruntergeladen. Sie finden sie in den Kursunterlagen.

→ Öffnen Sie ein neues QGIS-Modell und suchen Sie *Rasterlayer* in der Liste der Eingaben.

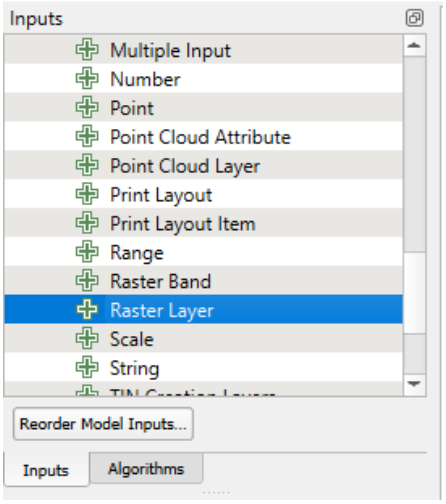

Abbildung: Eingabeparameter Rasterlayer

→ Doppelklicken Sie, um das Dialogfeld zu öffnen, und nennen Sie dieses Objekt *«B04»* (Band 4).

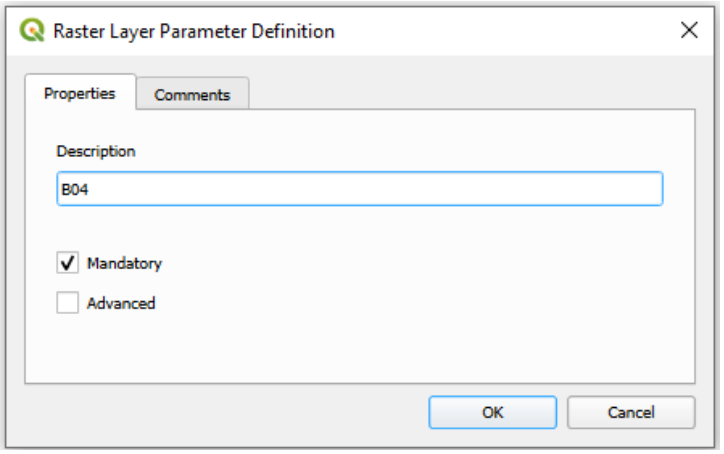

Abbildung: Beschreibung des Parameters Rasterlayer

→ Das gleiche müssen wir für *B08* (Band 8) durchführen. Das erstellte Objekt sollte so aussehen:



Wenn wir uns das Koordinatensystem der beiden Satellitenbilder ansehen, stellen wir fest, dass es sich von dem der übrigen Daten unterscheidet. Dies sollten wir ändern.

→ Suchen Sie in der Liste der verfügbaren Eingaben nach *«KBS»* (Koordinatenbezugssystem).

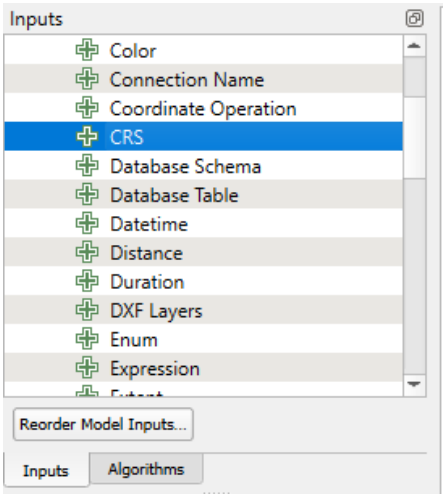

Abbildung: Eingabeparameter KBS

→ Geben Sie als Namen *«Ausgabe KBS»* ein und wählen Sie EPSG:3857 als Standardkoordinatensystem aus. Sie können es nach Ihren Bedürfnissen festlegen.

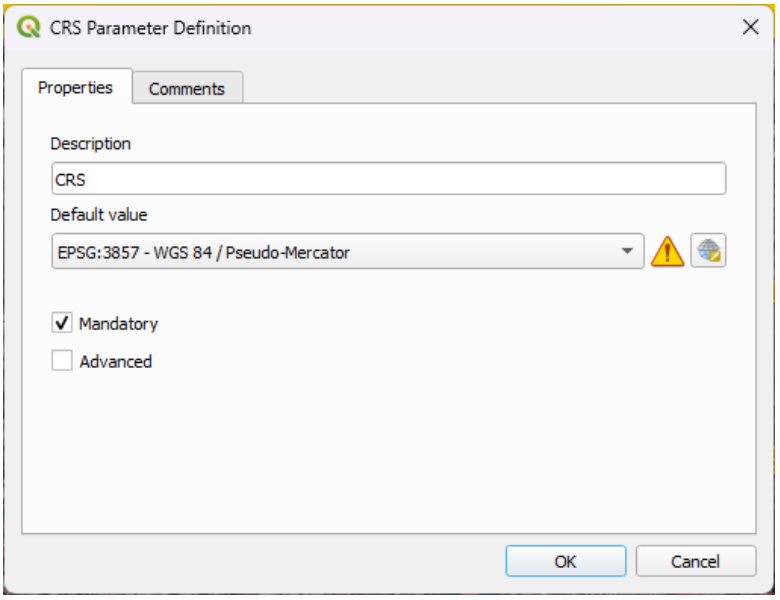

Abbildung: KBS zuweisen

Das letzte Element, das hinzugefügt werden muss, ist das *Projektgebiet,* da die Satellitenbilder noch nicht zugeschnitten und somit ziemlich gross sind. Der Zuschnitt beschleunigt spätere Arbeitsschritte (ähnlich wie beim DGM).

→ Wählen Sie *«Vektorlayer»* aus der Liste der Eingabeparameter aus.

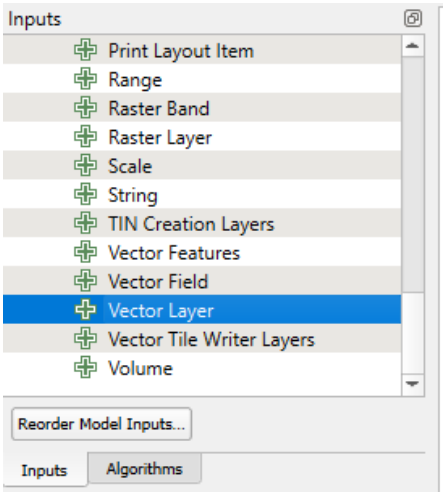

Abbildung: Vektorlayer als Eingabeparameter hinzufügen

Wir haben nun alle nötigen Eingaben erstellt, sodass wir mit dem Zuschneiden der Raster (Satellitenbildbänder) auf das Projektgebiet beginnen können.

→ Wählen Sie aus der Liste der Algorithmen «*Raster auf Layermaske zuschneiden*» aus.

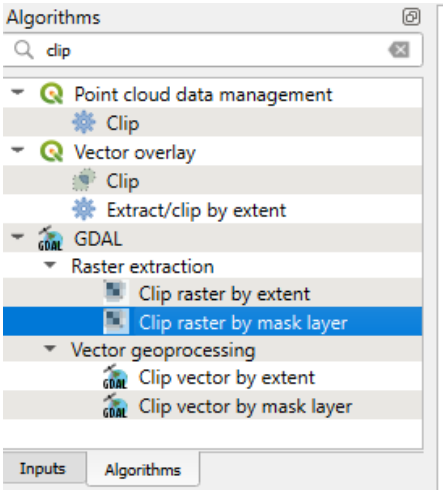

Abbildung: Algorithmus «Raster auf Layermaske zuschneiden»

→ Legen Sie als Nächstes die Parameter fest:

1. Als Eingabelayer die Modell-Eingabe verwenden: *B04*
2. Maskenlayer: *Projektgebiet*
3. Ziel-KBS -> Modelleingabe verwenden: *Ausgabe-KBS*

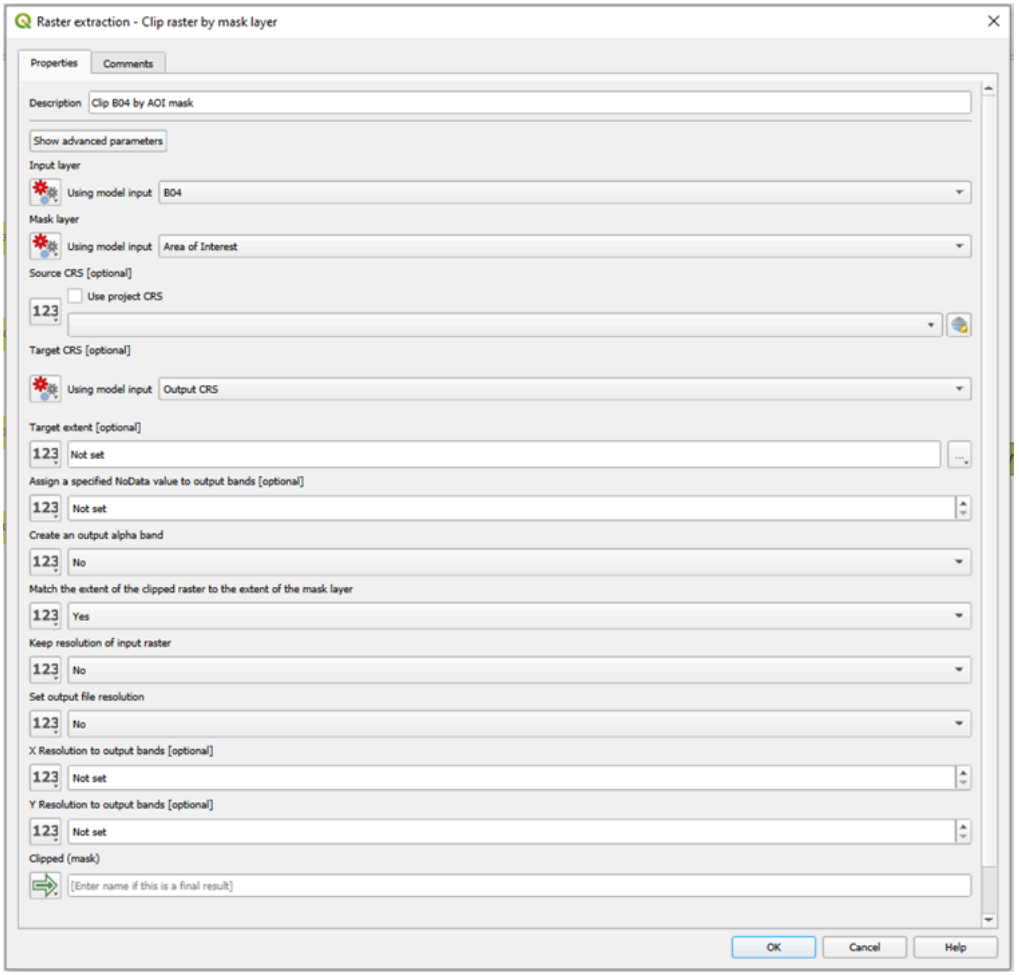

Abbildung: Raster auf Maskenlayer zuschneiden

Verfahren Sie mit Band 8 auf die gleiche Weise:

1. Modell-Eingabe verwenden: *B08*
2. Maskenlayer: *Projektgebiet*
3. Ziel-KBS -> Modelleingabe verwenden: *Ausgabe-KBS*

Super! Jetzt haben wir die Raster auf unseren gewünschten Bereich zugeschnitten. Nun ist es an der Zeit, den Rasterrechner zu verwenden, um den NDVI zu berechnen.

Gehen Sie zu Werkzeugkiste → `Rasterrechner`.

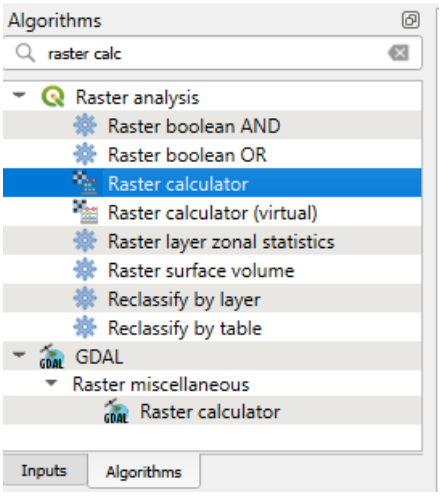

Abbildung: Algorithmus Rasterrechner

→ Legen Sie die folgenden Parameter fest:

1. Beschreibung: *Rasterrechner*
2. Eingabelayer → Klicke auf die drei Punkte rechts und wähle:

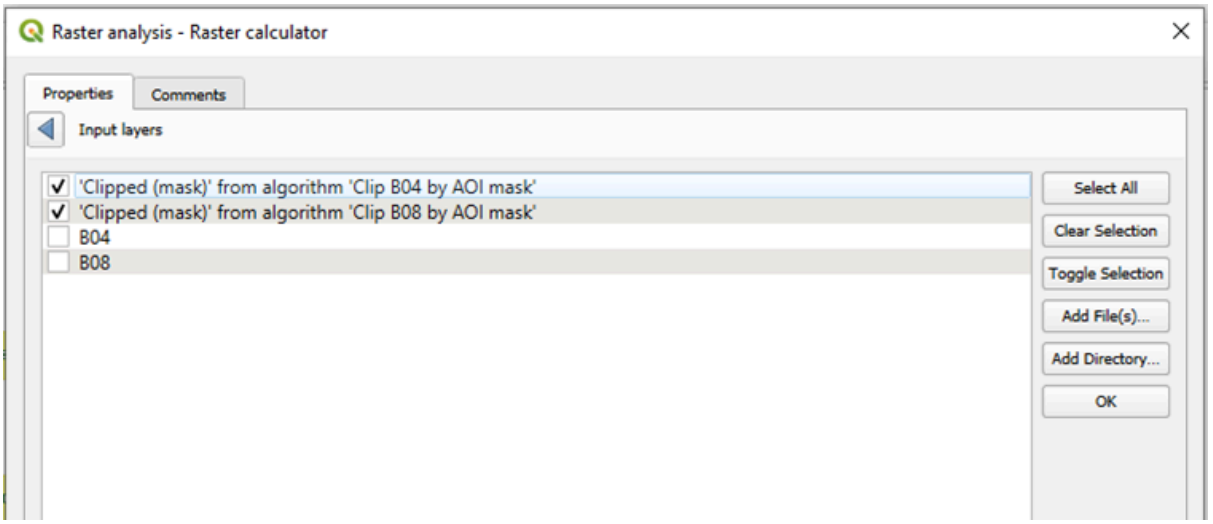

Abbildung: Auswahl der Eingabeebenen im Rasterrechner

3. Ausdruck: `("B@1"-"A@1")/("B@1"+"A@1")`
4. Berechnet: *NDVI*

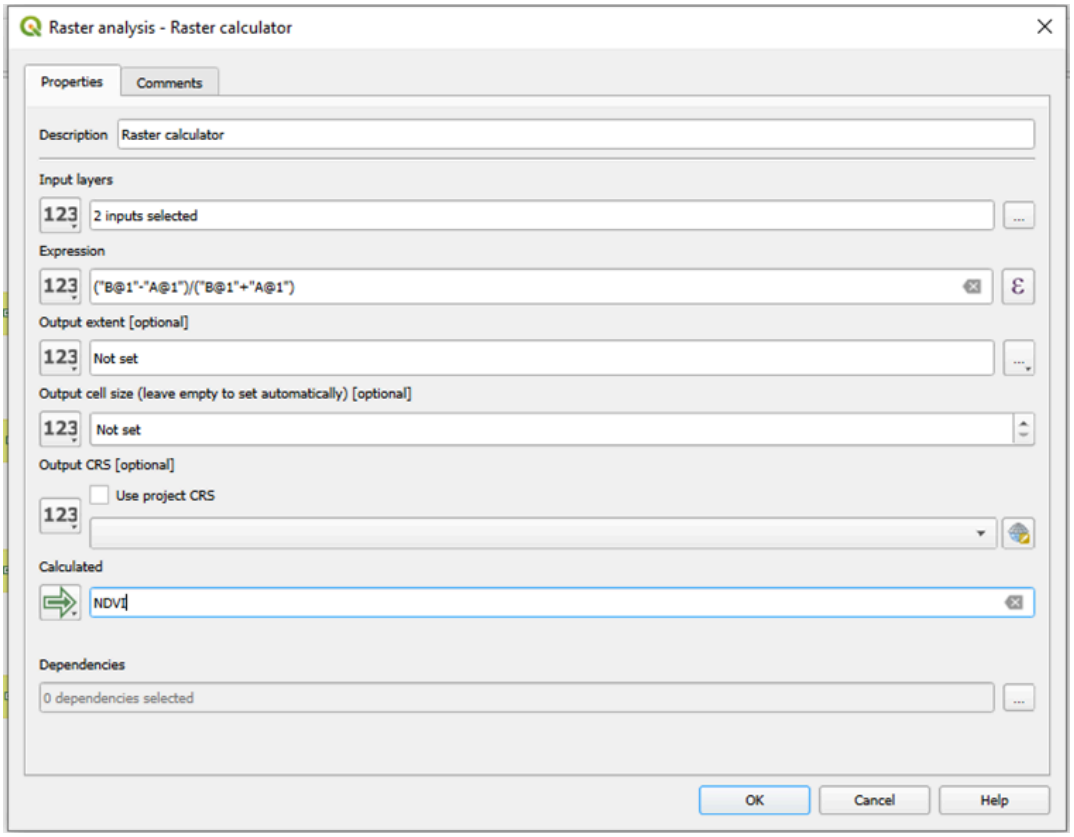

Abbildung: Ausgefüllte Parameter des Rasterrechners

Das endgültige Modell sollte folgende Form haben:

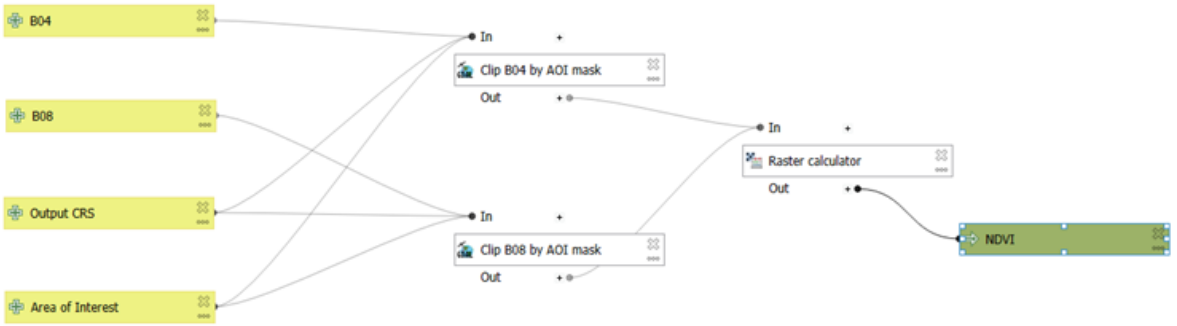

Abbildung: Fertiges NDVI-Modell

Speichern Sie Ihr Modell abschliessend ab, wie zuvor beschrieben.

Optionaler Teil 2: NDVI-Reklassifizierung

Maya weiss, dass die Vegetation vital sein muss. Der berechnete NDVI-Wert gibt ihr einen Hinweis darauf, wo die Vegetation vital genug ist, um dort Bienenstöcke aufzustellen. Die Einteilung des NDVI in Klassen ist eine gute Methode, um die geeigneten Standorte zu identifizieren.

Wir erstellen einen Algorithmus, der den NDVI-Rasterlayer in vier Klassen reklassifiziert und diese in Vektordaten umwandelt. Dies ermöglicht uns in den folgenden Schritten eine einfachere Analyse.

→ Starten Sie ein neues Modell und wählen Sie *Rasterlayer* als Eingabeparameter.

→ Benennen Sie dieses Objekt *«NDVI zur Neuklassifizierung»*.

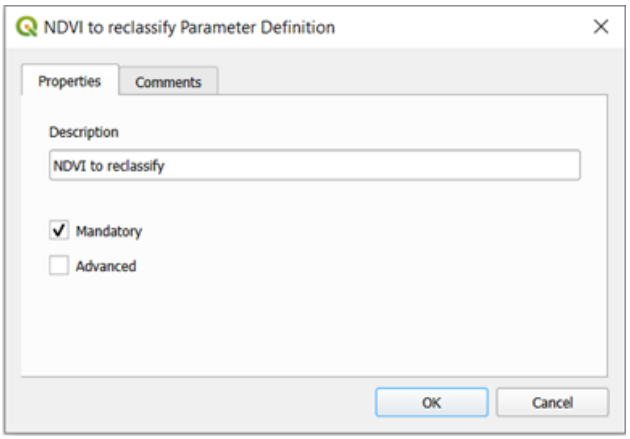

Abbildung: Eingabeparameter der NDVI-Klassifizierung

→ Wählen Sie anschliessend unter den Algorithmen erneut *«Nach Tabelle neuklassifizieren»* aus und definieren Sie die Parameter wie folgt:

Beschreibung: *Nach Tabelle neuklassifizieren*
Rasterebene: *Modell-Eingabe verwenden: NDVI zur Neuklassifizierung*
Kanalnummer: *1*
Neuklassifizierungstabelle: Klicken Sie auf die drei Punkte auf der rechten Seite und geben Sie die Werte so ein, wie Sie es auf dem nachfolgenden Screenshot der Klassifizierungstabelle sehen.

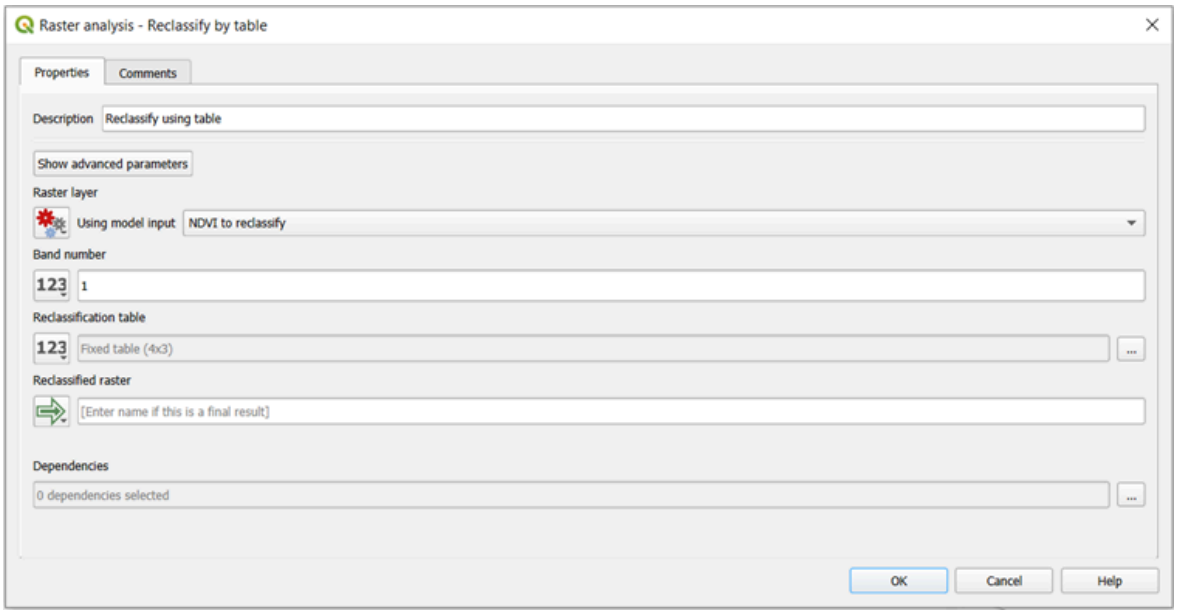

Abbildung: Verarbeitungsdialog von «Nach Tabelle neuklassifizieren»

Der Wertebereich des NDVI liegt zwischen -1 und 1. Negative NDVI-Werte (Werte nahe -1) entsprechen Wasser. Werte nahe Null (-0.1 bis 0.1) entsprechen im Allgemeinen kargen Gebieten aus Fels, Sand oder Schnee. Niedrige, positive Werte stehen für Buschland und Grasland (etwa 0.2 bis 0.4), während hohe Werte auf tropischen Regenwald hinweisen (Werte nahe 1).

In unserem Fall sind **NDVI-Werte über 0.4** hoch genug, um sicherzustellen, dass der Anteil an gesunder, vitaler Vegetation ausreichend ist.

→ Tragen Sie die Werte wie folgt in die Klassifizierungstabelle ein:

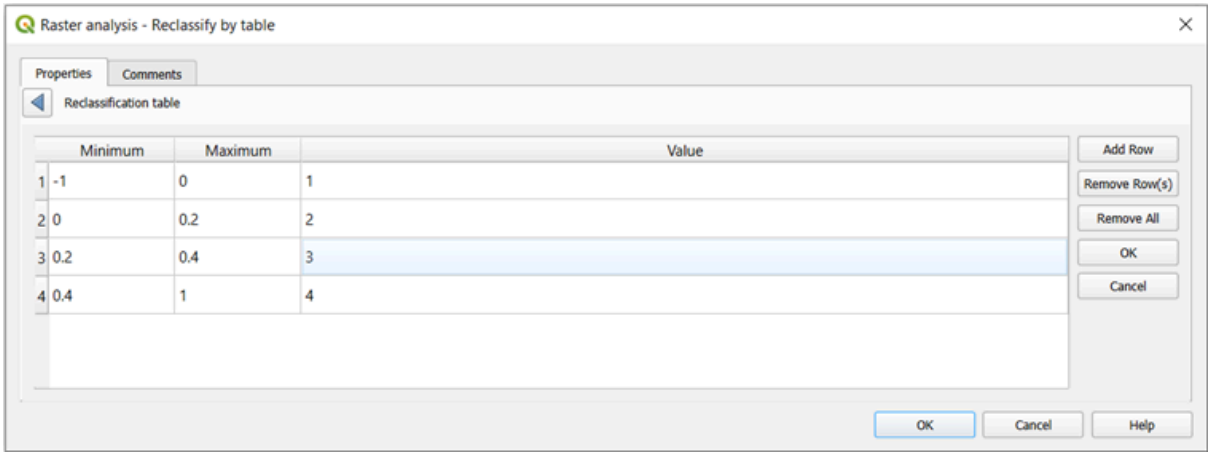

Abbildung: Vorgeschlagene Klassen für die NDVI-Klassifizierung (Nach Tabelle neuklassifizieren)

Durch Ausführung des Algorithmus wird ein Raster mit neuen Werten erstellt, das wir im nächsten Schritt vektorisieren können.

Wir verwenden erneut das Werkzeug *Vektorisieren (Raster nach Vektor)*.

→ Suchen Sie dieses in der Werkzeugkiste

Beschreibung: *Vektorisieren (Raster nach Vektor)*
Eingabelayer: Als Eingabe verwenden wir die Ausgabe des Reklassifizierungs-Tools
Kanalnummer: *1*
Name des zu erzeugenden Feldes: *NDVI_Klasse*
Vektorisiert: *NDVI reklassifiziert (Vektor)*

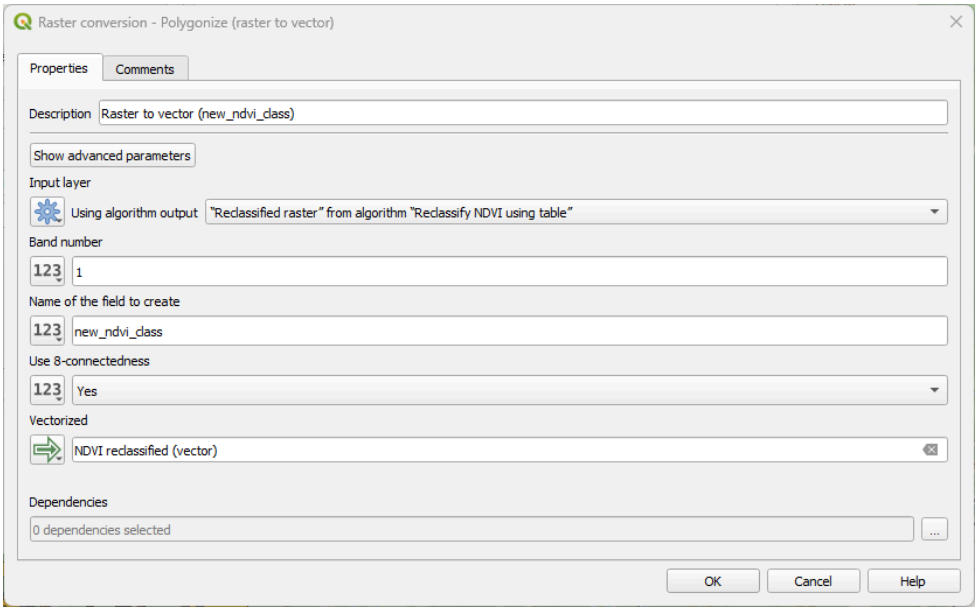

Abbildung: Verarbeitungsdialog des Vektorisierungs-Tools

Das Ergebnis ist eine Vektordatei mit vier NDVI-Wertkategorien.

Wie erhalten wir nun nur die Gebiete mit einer hohen Vitalität der Vegetation? → *«Nach Ausdruck extrahieren»* oder *«Nach Attribut extrahieren»*

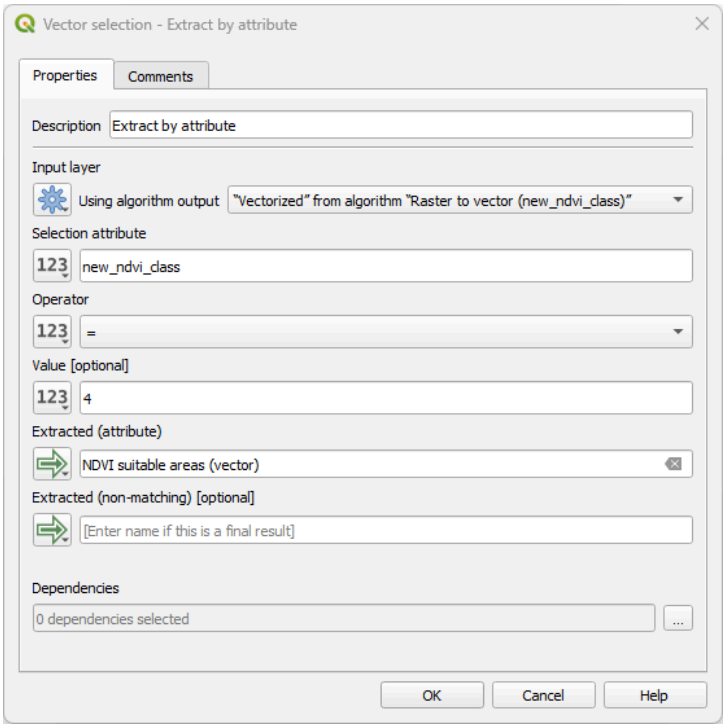

Abbildung: Prozessdialog des Werkzeugs «Nach Attribut extrahieren»

Speichern Sie auch dieses Modell korrekt ab. Am Ende sollte es folgende Form haben:

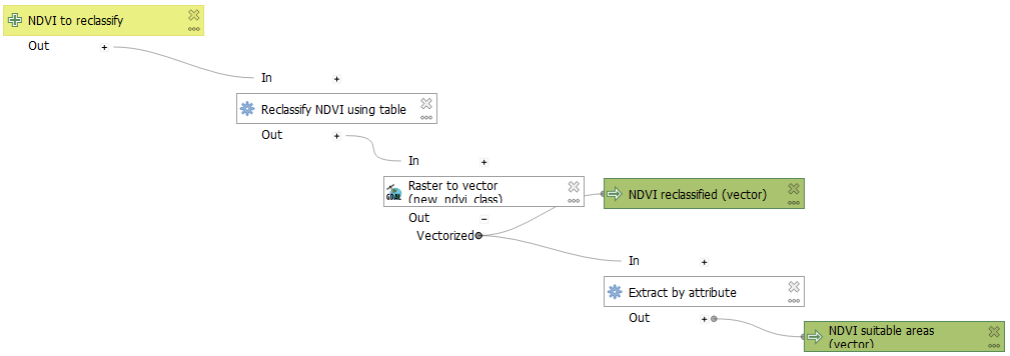

Abbildung: Fertiges NDVI-Reklassifizierungsmodell

Verschneidung aller Ergebnisse

Der letzte Schritt besteht darin, alle erstellten Ausgabelayer miteinander zu verschneiden.

Öffnen Sie das ursprüngliche Modell, das derzeit nur die vektorbasierten Kriterien enthält. Importieren Sie die von Ihnen erstellten Rastermodelle via *Werkzeugkiste*. Erstellen und verknüpfen Sie die erforderlichen Eingaben. Fügen Sie schliesslich die neuen Ausgaben zum Ausdruck des Werkzeugs *«Verschneidung (mehrere)»* hinzu, um alle Ergebnisse zu kombinieren.

Führen Sie das vollständige Modell aus, um die Analyse durchzuführen. 🙂

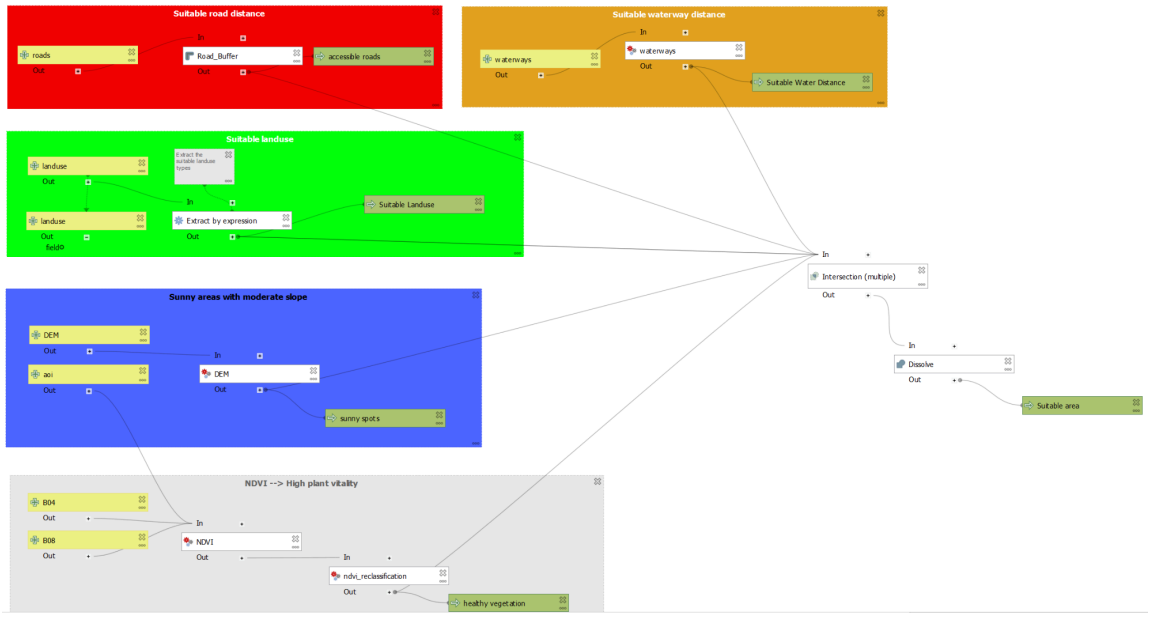

Abbildung: Darstellung des fertigen Modells

Wenn Sie beabsichtigen, das Modell anderen Benutzer:innen zur Verfügung zu stellen, empfiehlt es sich ausserdem, eine **klare und informative Modell-Hilfe** bereitzustellen (Menü > *Modell* > *Modellhilfe bearbeiten*).