

CASPIAN Handbuch

Hanno Seebens, Maurizio Bagnara

Senckenberg Biodiversität und Klima Forschungszentrum, Frankfurt

24.05.2019

Contents

1	Installation	2
1.1	Schritt 1: Verbindung zum Server	2
1.2	Schritt 2: Installation von CASPIAN	2
1.3	Schritt 3: Ergänzung der Datensätze	3
1.4	Schritt 4: Laden von CASPIAN	3
2	Anwendung	3
2.1	Starten von CASPIAN	3
2.2	Erweiterte Einstellungen	4
2.3	Eingangsdatensätze	4
2.4	Konfiguration der Simulation	6
2.4.1	Struktur des Modells	7
2.4.2	Simulation und Ausgabe	8
2.4.3	Startbedingungen	8

CASPIAN (Calculating Alien Species Probability of Invasion Along Networks) ist ein Computermodell zur Simulation der Ausbreitung und Etablierung von Arten entlang von Verkehrsträgern wie Straßen, Schienen und Wasserstraßen. Das Modell liegt als R Paket ‘CASPIAN’ vor. R und CASPIAN sind ‘open source’ Anwendungen, so dass alle Funktionen frei zugänglich und editierbar sind. Im Folgenden werden die Installation und Anwendung von CASPIAN vorgestellt.

CASPIAN ist im Detail im Abschlussberichts des Projekts “Modellierung der Einfuhr und Verbreitung von invasiven Arten durch Verkehrsträger” beschrieben.

1 Installation

Um CASPIAN anwenden zu können, müssen einige Softwarekomponenten vorliegen, die - sofern nicht vorhanden - erst installiert werden müssen. Zunächst wird die freie Programmiersprache R benötigt, welche unter <http://www.r-project.org> heruntergeladen werden kann. Es empfiehlt sich zusätzlich die Entwicklungsumgebung RStudio zu installieren, welches die Anwendung von R und CASPIAN deutlich erleichtert. Es kann kostenfrei unter <https://www.rstudio.com> bezogen werden. Für die weiteren Ausführungen wird angenommen, dass R und RStudio vorliegen. Sämtliche Befehle werden in RStudio ausgeführt.

Nach der Installation von R kann das R Paket ‘CASPIAN’ installiert werden, welches das Modell enthält. Dies erfolgt in drei Schritten:

1.1 Schritt 1: Verbindung zum Server

Zunächst muss eine Verbindung zur Programmier Plattform GitHub <https://github.com/> hergestellt werden. Hierzu muss das R Paket “devtools” installiert werden, welches die notwendigen Funktionen enthält. Kopieren Sie dazu den folgenden Befehl in die Konsole (“Console” befindet sich in der Regel am unteren Bildrand) von RStudio (Zeilen beginnen mit “>”) und drücken Sie ‘Enter’ zum Ausführen:

```
install.packages("devtools")
```

1.2 Schritt 2: Installation von CASPIAN

Nun muss das Paket ‘devtools’ in R geladen werden, wodurch CASPIAN heruntergeladen und installiert werden kann. Kopieren Sie dafür den folgenden Befehl in die Konsole und führen ihn mit ‘Enter’ aus:

```
library("devtools")
install_url("https://github.com/mauriziobagnara/CASPIAN/releases/download/1.0/
CASPIAN_1.0.tar.gz", dependencies = T)
```

Alternativ kann das Paket aus dem Verzeichnis “<https://github.com/mauriziobagnara/CASPIAN/releases/tag/1.0>” heruntergeladen und manuell in R installiert werden. Hierzu muss der folgende Befehl mit entsprechendem Pfad zum Paket ausgeführt werden:

```
install.packages("/path/to/package/CASPIAN_1.0.tar.gz", repos = NULL, type = "source")
```

In Abhängigkeit der vorliegenden Installation von R müssen verschiedenen Pakete zusätzlich installiert werden (‘data.table’, ‘rgdal’, ‘SearchTrees’, ‘geosphere’, ‘sp’, ‘raster’). Diese Pakete sollten während der Installation von CASPIAN automatisch mit installiert werden, so dass keine zusätzlichen Befehle notwendig sind.

Abhängig vom verwendeten Betriebssystem kann es notwendig sein, weitere Software zum Bearbeiten von Karten zu installieren. Unter Linux Distributionen muss z.B. GDAL außerhalb von R installiert werden. Unter Windows erfolgt dies mit der Installation der R Pakete, so dass dieser Schritte in Windows entfällt.

1.3 Schritt 3: Ergänzung der Datensätze

Um CASPIAN im vollen Umfang nutzen zu können, müssen verschiedene Datensätze zur Verfügung gestellt werden. Diese sind im Detail im Abschnitt 2.3 “Eingangsdatensätze” beschreiben. Die Pfade zu den Datensätzen müssen im Konfigurationsskript configFile.R angegeben werden (s. Abschnitt 2.4).

1.4 Schritt 4: Laden von CASPIAN

Nach der erfolgreichen Installation von CASPIAN kann es mit dem folgenden Befehl in R geladen und angewandt werden:

```
library("CASPIAN")
```

2 Anwendung

2.1 Starten von CASPIAN

Nach einer Neuinstallation von CASPIAN sind Standardeinstellungen vorgegeben, die einen direkten Start des Modells erlauben. Es muss nur der Pfad zum Verzeichnis angegeben werden, in dem die Eingangsdatensätze (s. 2.3 Eingangsdatensätze) vorliegen und die Ergebnisse gespeichert werden sollen. Die Eingangsdatensätze müssen in einem Unterordner names “data” gespeichert sein (s. Punkte 3 unten). Um CASPIAN zu starten, öffnen Sie in RStudio ein leeres R Skript (File->New File->R Script) und kopieren Sie die folgenden Zeilen in das leere Skript:

```
## 1. clear environment and close figures
rm(list=ls())
graphics.off()

## 2. load package CASPIAN
library(CASPIAN)

## 3. set path to directory to store model output
mainDir <- "C:/Pfad/zum/Verzeichnis/Modellergebnisse"
setwd(mainDir)

## 4. set path to script configFile
getConfigFile(outputDir = mainDir)
configFile <- file.path(mainDir,"ConfigFile.R")
# example to load a modified version of ConfigFile.R:
# configFile <- "C:/Pfad/zum/Verzeichnis/NewConfigFile.R"

## 5. run CASPIAN
modelResults <- runCASPIAN(configFile=configFile)
```

Die folgenden Schritte werden in diesem Beispielskript ausgeführt:

1. Bereinigung der R Umgebung und schließen aller Fenster: Die Bereinigung der R Umgebung führt dazu, dass vorherige Operationen in R gelöscht werden, so dass ein sauberer Start des Modells gewährleistet ist. Ansonsten kann es zu ungewünschten Interaktionen mit vorherigen Operationen kommen.
2. Laden des Modells: Das Modell muss in R geladen werden, um es anwenden zu können. Weitere Pakete werden automatisch geladen.

3. Angabe des Verzeichnispfads zum Laden und Speichern der Dateien: Hier muss ein Verzeichnispfad zum Ordner des Modells angegeben werden. In diesem Ordner werden die Ergebnisse der Simulationen gespeichert. Der Ordner muss einen Unterordner mit dem Namen "data" beinhalten, in dem die für die Simulationen notwendigen Dateien (s. 2.3 Eingangsdatensätze) gespeichert sind. Es wird eine Angabe in der Form "Pfad/zum/Verzeichnis/" erwartet.
4. Angabe des Verzeichnispfads zum Konfigurationsskript: In diesem Schritt wird der Pfad zum Konfigurationsskript "ConfigFile.R" angegeben, welches alle Einstellungen für das Modell beinhaltet. Bei Ausführung dieser zwei Zeilen wird das Konfigurationsskript aus dem Paket CASPIAN in das Verzeichnis des Modells aus Schritt 3 kopiert. Dieses Skript enthält die Standardkonfiguration des Pakets. Bei erneuter Ausführung dieser Zeilen wird das Skript überschrieben. Falls der Benutzer die Konfigurationen ändern möchte, sollte das modifizierte Skript "ConfigFile.R" unter einem anderen Namen abgespeichert und der Pfad in diesem Schritt entsprechend angepasst werden. Eine Beispiel ist im Skript oben hinter "#" angegeben.
5. Starten des Modells: Mit dieser Zeile wird das Modell gestartet. Es werden die Einstellungen aus dem Objekt "configFile" eingelesen. Falls die Konfigurationen in einem anderen Skript gespeichert werden, muss dies in Zeile 4 entsprechend angepasst werden.

Einträge, die mit '#' beginnen, gelten als Kommentare und werden bei der Ausführung ignoriert.

Speichern Sie das Skript unter einem aussagekräftigen Namen (z.B. "StartCASPIAN.R") ab und führen Sie das Skript aus. Dies können Sie auf unterschiedliche Weise tun. Wählen Sie das Skript in der Tab-Leiste aus, so dass es auf dem Bildschirm zu sehen ist. Dann können Sie z.B. in RStudio oberhalb des Skripts auf "Source" klicken oder Strg+Umschalt+S drücken oder Code->Source auswählen. Das Modell wird dann gestartet und entsprechend der gewählten Konfigurationen ausgeführt. Modellergebnisse werden im vorgegebenen Verzeichnis gespeichert.

Die Standardeinstellungen berechnen die Ausbreitung einer terrestrischen und einer aquatischen Beispielart ausgehend von einzelnen Startpunkten über einen bestimmten Zeitraum. Das Einlesen der Eingangsdatensätze kann ein paar Minuten dauern, da die Verkehrsnetzwerke sehr umfangreich sind und man aufgrund der Nutzerfreundlichkeit die Originalformate (Tabellen und shapefiles) anstatt komprimierter Datensätze verwenden wollte. Dieser Schritt kann deutlich beschleunigt werden, in dem die Datensätze einmalig in R geladen und als komprimiertes R Format gespeichert werden (z.B. mit Hilfe der Funktion "readRDS(Datensatz,"Pfad/zum/Datensatz/Datensatz.rds)"). In allen folgenden Simulationen kann nun auf die komprimierte Dateien zurückgegriffen werden.

Die Modellergebnisse bestehen aus 1.) einem shapefile mit den Verkehrsnetzwerken und den ermittelten Wahrscheinlichkeiten der Invasion und 2.) einem .txt Dokument mit den Wahrscheinlichkeiten in tabellarischer Ausführung. Die Ergebnisse werden in einem Unterordner

2.2 Erweiterte Einstellungen

Für eine Simulation benötigt CASPIAN eine Liste der Modellparameter und der Startbedingungen. Standardmäßig werden diese in dem R Skript 'ConfigFile.r' aufgeführt, welches im Paket CASPIAN enthalten ist. Die in diesem Skript aufgeführten Einstellungen gelten als Standardeinstellungen und können ohne Änderungen übernommen werden. Wenn Änderungen in den Standardeinstellungen vorgenommen werden, beachten Sie die notwendigen Anpassungen im Startskript (s. oben).

2.3 Eingangsdatensätze

CASPIAN benötigt Eingangsdatensätze, auf deren Basis die Ausbreitung und Etablierung einer Art simuliert wird. Die Eingangsdatensätze umfassen zwei Kategorien: Verkehrsintensitäten und Habitatgüte. Im Folgenden wird beschrieben, wie die Datensätze in der ausgelieferten Version aussehen. Wenn neue Netzwerke verwendet werden sollen, müssen diese den Formaten entsprechen.

FromNode	ToNode	Type	Length	cargo	passengers	ID
R200003	R203854	Rail	1.46	0.51	10.5	R1
R200012	R202484	Rail	0.96	94.75	65.5	R2
R200013	R200682	Rail	1.68	31.74	17.0	R3
R200013	R206800	Rail	1.95	0.00	26.0	R4
R200016	R205880	Rail	2.10	11.48	0.0	R5
R200043	R203119	Rail	5.60	19.18	42.5	R6

Figure 1: Beispielhafter Datensatz eines terrestrischen Verkehrsnetzwerks

Die Verkehrsintensitäten werden als shapefile eingelsen mit einer eingebetteten Tabelle der Attribute. In R werde diese Objekte als “SpatialLinesDataFrame” eingelesen, wobei jedes Segment dieses Objekt eine Verbindungen zwischen zwei Knoten darstellt.

Verkehrsnetzwerke bestehen aus Knoten (z.B. Kreuzungen) und Verbindungen (z.B. Straßen) sowie Verkehrsintensitäten (z.B. Anzahl KFZ pro Tag). Aufbauend auf diesen Informationen berechnet CASPIAN die Wahrscheinlichkeit einer Ausbreitung von Knoten zu Knoten.

In der ausgelieferten Version folgende Datensätze verwendet:

- terrestrisches Verkehrsnetzwerk (Straße + Schiene)
- aquatisches Verkehrsnetzwerk (Wasserstraßen)
- Güternetzwerk (Transport von Containern und Paletten)

Jede Zeile der eingebetteten Tabelle beschreibt ein Segment des Netzwerks. Die Spalten liefern Informationen zu jedem Segment. Die Reihenfolge der Spalten muss genau den unten beschriebenen Formaten entsprechen, wobei die Spaltenüberschrift irrelevant ist.

Das **terrestrische Verkehrsnetzwerk** bestehend aus dem Straßen- und Schienennetzwerk muss folgende Angaben beinhalten. Die Spaltenüberschriften sind nicht relevant und dienen nur der Vergleichbarkeit mit den Beispieldatensätzen (in den)Abbildungen 1-4):

1. Spalte: Name des Startknotens des Links (“FromNode”)
2. Spalte: Name des Zielknotens des Links (“ToNode”)
3. Spalte: Typ des Links z.B. (“Type”): Der Typ beschreibt die Art des Verkehrsträgers. Mit “Rail” wird zwischen Straßen- und Schienennetzwerken unterschieden. Für Straßen sind in der ausgelieferten Version die Typen “A”utobahn, “B”undesstraße, “L”andstraße, “K”reisstraße und “G”emeindestraße unterschieden. Daneben gibt es noch weitere Kategorien, die aber nur räumlich begrenzt Verwendung finden wie z.B. “S”taatsstraßen in Sachsen.
4. Spalte: Länge des Links in Kilometer (“Length”)
5. Spalte: Verkehrsintensität für Güterverkehr in Anzahl Fahrzeugen/Zügen pro Tag (“cargo”)
6. Spalte: Verkehrsintensität für Personenverkehr in Anzahl Fahrzeugen/Zügen pro Tag (“passenger”)
7. Spalte: Eindeutige Bezeichnung des Links (“ID”)
8. Spalte (optional): Habitatgüte entlang des Links zwischen 0 (ungeeignet) bis 1 (perfekt geeignet). Sofern die Daten zu Habitatgüte vorliegen, muss diese Spalte mit “Env_suit” überschrieben sein. In diesem Fall werden die Daten aus dieser Spalte zur Abschätzung der Habitatgüte verwendet. Wenn diese Spalte fehlt oder anders überschrieben ist, wird die Habitatgüte entsprechend der Grundeinstellungen des Modells berechnet (s. Abschlussbericht des Projekts).

FromNode	ToNode	Motorized	Non-motorized	Length	ID	CargoToNode
325200001	325200002	404	765	10.220854	W10	0
325200003	325201000	870	651	4.767631	W11	0
325201000	325200003	870	651	4.767631	W12	0
305100001	305111000	5044	1179	38.633023	W13	251
305111000	305100001	5044	1179	38.633023	W14	0
303100001	304206000	3272	116	8.375770	W15	1182

Figure 2: Beispielhafter Datensatz eines aquatischen Verkehrsnetzwerks

Im Netzwerk der *Wasserstraßen* werden folgende Spalte in dieser Reihenfolge erwartet:

1. Spalte: Name des Startknotens des Links (“FromNode”)
2. Spalte: Name des Zielknotens des Links (“ToNode”)
3. Spalte: Intensität des motorisierten Schiffsverkehrs in Anzahl Schiffen pro Monat (“Motorized”)
4. Spalte: Intensität des motorisierten Schiffsverkehrs in Anzahl Schiffen pro Monat (“Non-Motorized”)
5. Spalte: Länge des Links in Kilometer (“Length”)
6. Spalte: Eindeutige Bezeichnung des Links (“ID”)
7. Spalte: Güterumschlag des Zielknotens sofern dieser einen Hafen repräsentiert (“CargoToNode”). Diese Information wird benötigt, um die Menge an abgelassenen Ballastwassers abzuschätzen.
8. Spalte (optional): Habitatgüte entlang des Links zwischen 0 (ungeeignet) bis 1 (perfekt geeignet). Sofern die Daten zu Habitatgüte vorliegen, muss diese Spalte mit “Env_suit” überschrieben sein. In diesem Fall werden die Daten aus dieser Spalte zur Abschätzung der Habitatgüte verwendet. Wenn diese Daten nicht vorliegen, müssen die Parameter Temperatur in °C und elektrische Leitfähigkeit in mS/m in zwei Spalten getrennt vorliegen (“Temperature” und “Conductivity”) (s. Abschlussbericht des Projekts).

Container- und Palettentransporte werden in leicht abgewandelter Weise behandelt. Die räumliche Auflösung liegt nicht auf der Basis von Knoten vor sondern auf der von Verkehrszellen und dem Austausch zwischen diesen. Es werden insgesamt drei Datensätze benötigt. Container- und Palettentransporte werden getrennt als jeweils dreispaltige Datensätze eingelesen (Abbildungen 3,4):

1. Spalte: Startgebiet (“FromArea”)
2. Spalte: Zielgebiet (“ToArea”)
3. Spalte: Anzahl transportierter Container pro Jahr (“numContainers”) bzw. Paletten (“numPallets”)

Das shapefile enthält die Lage der Verkehrszellen als Polygone und die IDs der Verkehrszellen für Container (1. Spalte) und Paletten (2. Paletten).

2.4 Konfiguration der Simulation

Alle Konfigurationen von CASPIAN sind in einem separatem Skript mit dem Namen “configFile.R” gespeichert. Hier werden alle Modellparameter und Einstellungen zur Simulation aufgeführt. Falls Modifikationen der

FromArea	ToArea	numContainers
2185001	4821042	1.07
2185001	4321006	0.93
2185001	41991	0.26
2185001	53993	0.04
2185001	593	0.53
2185001	73041	2.43

Figure 3: Beispielhafter Datensatz für den Containertransport

FromArea	ToArea	numPallets
2185001	2185001	1500.9
2185001	2185002	3988.2
2185001	2185003	2065.8
2185001	2185006	1856.7
2185001	2185007	1613.8
2185001	2187001	567.5

Figure 4: Beispielhafter Datensatz für den Containertransport

Standardeinstellungen vorgenommen werden, ist zu empfehlen, das Skript unter einem aussagekräftigen Namen abzuspeichern, so dass die ursprünglichen Einstellungen weiterhin vorliegen. In diesem Fall muss im Initialisationsskript (s. Abschnitt 2.1) der Pfad zum configFile.R angepasst werden.

Grundsätzlich können alle Einstellungen verändert werden. Allerdings sind manche Einstellungen sensibler als andere und sollten nur mit soliden Kenntnissen der Dynamiken verändert werden. Es wird grundsätzlich unterschieden zwischen Modellparametern und Einstellungen zur Simulation. Die Modellparameter beschreiben die Ausbreitung der Art entlang eines entsprechenden Verkehrsträgers. Diese Modellparameter wurden größtenteils durch Kalibrierung des Modells an Daten zu Beobachtungen ermittelt. Dies ist ein zeitintensiver und aufwändiger Prozess, da eine große Zahl an Kombinationen von Parameterwerten getestet wurde, um das beste Ergebnis zu erzielen. Es empfiehlt sich daher, die Werte der Modellparameter nicht ohne gute Begründung zu ändern.

Die Einstellungen zur Simulation dienen dazu, die Modellläufe an die Ansprüche des Benutzers anzupassen. Es können drei Komponenten eingestellt werden: 1. Struktur des Modells, 2. Simulation und Ausgabe und 3. Startbedingungen:

2.4.1 Struktur des Modells

CASPIAN ist modular aufgebaut und verschiedene Mechanismen der Ausbreitung können ein- und ausgeschaltet werden. Jeder Ausbreitungsweg wie z.B. Anheftung an KFZ oder natürliche Ausbreitung kann separat ausgewählt werden. Somit kann CASPIAN individuell an die Ansprüche des Benutzers angepasst werden. Die Auswahl erfolgt im Konfigurationsskript configFile.R, in dem die Variable des jeweiligen Ausbreitungswegs auf "TRUE" (an) oder "FALSE" (aus) gesetzt wird. Alle Variablen, die einen Ausbreitungsweg ein- und ausschalten beginnen mit "incl_" (z.B. "incl_attachment<-TRUE").

In der Simulation werden nur diejenigen Ausbreitungswege berücksichtigt, die im Konfigurationsskript auf "TRUE" gesetzt sind.

Es gibt zwei übergeordnete Einstellungen, die die Auswahl der Typen der Verkehrsnetzwerke bestimmen. Die entsprechenden Variablen beginnen mit “run” (z.B. “runTerrestrialModel<-TRUE”). Mit diesen Variablen kann zwischen aquatischen und terrestrischen Ausbreitungen unterschieden werden. Wenn die entsprechende Variable nicht ausgewählt ist (z.B. “runAquaticModel<-FALSE”), werden die Ausbreitungswege des entsprechenden Verkehrsnetzes nicht berücksichtigt unabhängig, ob diese auf “TRUE” oder “FALSE” stehen. Die Güterströme fallen in die Kategorie der terrestrischen Verkehrsnetzwerke.

In Abhängigkeit der Verkehrsnetzwerke können zusätzliche Einstellungen gewählt werden. So können für das terrestrische Netzwerk (Straße + Schiene) verschiedene Kategorien wie Autobahn oder Bundesstraße ausgewählt werden. Dies geht aus den Beschreibungen im configFile.R hervor.

2.4.2 Simulation und Ausgabe

Im Folgenden wird beschrieben, wie man mit CASPIAN die Ausbreitung einer Art simulieren kann. Eine Simulation beschreibt einen Modellauf von CASPIAN und einen bestimmten Zeitraum und mit vorgegebenen Startbedingungen. Die Simulation wird durch verschiedene Einstellungen gesteuert, die im Skript configFile.R in der Rubrik “General model settings” enthalten sind. Hier kann entschieden werden, ob z.B. Zwischenergebnisse graphisch dargestellt (“makeplot<-TRUE”) und ob diese Grafik gespeichert werden sollen (“save_plot<-TRUE”).

Spezifischere Angaben über die Länge der Simulation und den Export können zu den jeweiligen Verkehrsnetzwerken individuell vorgenommen werden. Dies wurde separat implementiert, da Simulationen über das deutlich kleinere Netzwerk der Wasserstraßen deutlich schneller ablaufen können als dies für terrestrische Netzwerke der Fall ist. Daher kann die Anzahl der simulierten Zeitschritt separat eingestellt werden.

Die Ausgabe der Simulationen kann in drei verschiedenen Formaten erfolgen. Es können zwei tabellarische Formate (“csv” und “txt”) ausgewählt. Die ausgegebene Tabelle enthält für jedes Segment eines Netzwerks die Simulationsergebnisse (Wahrscheinlichkeiten für Invasion, Einführung und Etablierung) und die zugrunde liegenden Parameter (z.B. Länge, Verkehrsbelastung und Habitatgüte). Im dritten Format (“shp”) wird die Tabelle in ein shapefile eingebettet, welches die geographische Information der Verkehrsnetzwerke enthält. Mit dem shapefile können die Ergebnisse als Karte dargestellt werden. In Abhängigkeit der verwendeten Einstellungen und Netzwerke kann die Erstellung der shapefile einige Minuten in Anspruch nehmen. Zusätzlich können Ergebnisse zwischengespeichert werden.

Für die jeweiligen Verkehrsnetzwerke können weitere Einstellungen zur Berechnung der Ausbreitung und Etablierung vorgenommen werden. Dies umfasst Modellparameter, die die Ausbreitung und Etablierung einer Art bestimmen, und Schwellwerte, mit denen eine Mindestanzahl an Containern und Paletten festgesetzt werden kann. Da die Parameterwerte Ergebnis einer umfangreichen Kalibrierung sind, wird empfohlen, diese Werte nicht zu ändern.

2.4.3 Startbedingungen

Zur Simulation der Ausbreitung und Etablierung werden Startbedingungen benötigt, die die Verbreitung und die Charakteristiken einer Art beschreiben. Die Verbreitung einer Art wird als Tabelle von Koordinaten (Längen- und Breitengrad) eingelesen. Jeder Koordinate beschreibt ein Vorkommen der Art. Diese Vorkommen werden während der Simulation als stabil angesehen und dienen als Startpunkte der Ausbreitung. Die einzulesende Tabelle muss zwei Spalten mit den Namen “Long” und “Lat” enthalten. Bisher werden die Koordinaten im configFile.R eingefügt. Umfangreichere Datensätze können aber auch eingelesen werden. Hierfür muss die Zeile zur Festlegung der Variablen “init_coords_*” im configFile.R entsprechend angepasst werden.

Die Vorkommen einer Art sind über die Koordinaten punktweise angegeben. Da aber die Ausbreitung auf einem Netzwerk mit Liniensegmenten simuliert wird, müssen in einem ersten Schritt die punktweisen Vorkommen in Beobachtungen entlang der Netzwerksegmente wie Straßen übersetzt werden. Dafür wird angenommen, dass alle Segmente in einem bestimmten Radius um die punktweise Beobachtung ebenfalls Vorkommen aufweisen.

Der Radius kann vom Nutzer im Konfigurationsskript festgelegt werden. Über den Radius können auch Unsicherheiten der Beobachtungen in die Simulation mit einfließen, da Koordinatenangaben ungenau (z.B. bei Angaben für Rasterzellen) und unvollständig sein können. Der Radius kann individuell für aquatische und terrestrische Organismen festgesetzt werden.