

Titel der Bachelorarbeit

" The relevance of sacred sites for nature conservation"

Bachelorarbeit

Zur Erlangung des Bachelorgrades
BSc

An der naturwissenschaftlichen Fakultät
der Paris-Lodron-Universität Salzburg

Eingereicht von
Laura Höfle
01321441

Gutachter: Univ.- Prof. Dr. Jan Christian Habel

Fachbereich: Biowissenschaften

Salzburg, August 2021

Zusammenfassung

Die Größe und Isolation sowie die Form eines Lebensraumes hat Auswirkungen auf die dortige Artenvielfalt. Die Kayas im Südosten Kenias sind Waldinseln unterschiedlicher Größe, Form und Isolation. Diese Waldreste werden aus kulturellen Gründen als heilige Stätten erhalten und als Nationaldenkmäler eingestuft. Kaya-Wälder sind dafür bekannt, eine große Anzahl von Arten zu beherbergen. Aufgrund der steigenden Nachfrage nach Waldressourcen und nach Land für die landwirtschaftliche Nutzung sowie aufgrund des Verschwindens der kulturellen Relevanz dieser heiligen Stätten in Zeiten des modernen Lebens, kam es in den letzten Jahren zur Entwaldung und Verschlechterung dieser Küstenwälder. In meiner Bachelorarbeit werde ich bestmöglich versuchen, die Habitatkonfiguration mit den Kenngrößen 1. Habitatgröße, 2. Habitatisolation und 3. Habitatkonfiguration (edge-size-ratio) aller bekannten Kayas entlang der kenianischen Küste zu analysieren. Ich werde diese Waldreste mithilfe eines geografischen Informationssystems visualisieren und analysieren. Aus den Habitat-Charakteristika werde ich die mittlere Größe und die mittlere Isolation berechnen und darüber diskutieren, inwieweit es wahrscheinlich ist, dass Artenvielfalt in solchen kleinen isolierten Habitaten langfristig erhalten werden kann. Diese Ergebnisse werden die Relevanz von Kayas für die Erhaltung der einzigartigen Artenvielfalt der ostafrikanischen Küstenwälder unterstreichen und zeigen, inwieweit es möglich ist, die Artenvielfalt in kleinen und isolierten Lebensraumresten langfristig zu erhalten.

Abstract

Habitat size, habitat isolation, and the shape of a habitat patch impacts species diversity. The Kayas of south-eastern Kenya are forest islands with different sizes, shape and isolation. These forest remnants are conserved due to cultural purposes, as sacred sites, and categorized as National Monuments. Kaya forests are known to harbor a large number of species. Due to a rising demand for forest resources and an increasing demand of land for agricultural use, and due to the disappearance of the cultural relevance of these sacred sites in times of modern life caused the deforestation and degradation of Kaya forests during the past years. In my bachelor thesis I will compile data on the size, shape and geographic isolation of all still existing Kayas along the Kenyan coast. I will visualize and analyze these forest remnants applying a Geographic Information System. Based on the habitat characteristics, I will calculate the mean size and isolation and discuss the probability of maintaining biodiversity in such small, isolated habitats in the long term. These results and my thesis will underline the relevance of Kayas to conserve the unique biodiversity of the East African coastal forest and will critically examine

to what extent it is possible to maintain biodiversity in small and isolated habitat remnants in the long term.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	1
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
1. Einleitung	5
1.1. Habitatgröße und Biodiversität	5
1.2. Habitatkonfiguration (Fläche-Rand-Relation) und Biodiversität	5
1.3. Habitatisolation und Biodiversität	6
1.4. Fragestellung	7
2. Methodik	8
2.1. Studiengebiet	9
2.1.1. Geografie	9
2.1.2. Allgemeines	9
2.1.3. Wirtschaft und Naturschutz	10
2.1.4. Biodiversität	11
2.1.5. Auflistung aller Kayas	12
3. Ergebnisse	15
4. Diskussion	20
5. Literaturverzeichnis	24
6. Annex 1: Kayas dargestellt als Polygone via qGIS	26
7. Eidesstattliche Erklärung	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage aller aufgelisteten Kayas.....	14
Abbildung 2: Kayas nach Größe sortiert.....	15
Abbildung 3: Geografische Isolation aller Kayas statistisch dargestellt.....	17
Abbildung 4: Schutzstatus, Anzahl der betreffenden Kayas & Fläche.....	17
Abbildung 5: Size-Edge-Ratio der 11 aufgelisteten Kayas.....	19
Abbildung 6: Schlüsselindikatoren z. Überprüfung d. Erhaltungszustands der Kayas.....	20
Abbildung 7: Kaya Bomu, Fiboni und Mudzimuvia.....	26
Abbildung 8: Kaya Chonyi.....	27
Abbildung 9: Kaya Fimboni.....	28
Abbildung 10: Kaya Gandini.....	29
Abbildung 11: Kaya Jibana.....	30
Abbildung 12: Kaya Kambe.....	31
Abbildung 13: Kaya Mtswakara.....	32
Abbildung 14: Kaya Mudzimuvia.....	33
Abbildung 15: Kaya Mudzimwiru.....	34
Abbildung 16: Kaya Ribe.....	35
Abbildung 17: Kaya Tsolokero.....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung der Kayas nach Name, Längen- & Breitengrad und Größe.....	12
Tabelle 2: Geografische Isolation aller Kayas.....	15
Tabelle 3: Größe, Umfang, Form und Size-Edge-Ratio der 11 Kayas.....	18
Tabelle 4: Geometrische Daten zum Kaya Bomu.....	26
Tabelle 5: Geometrische Daten zum Kaya Chonyi.....	27
Tabelle 6: Geometrische Daten zum Kaya Fimboni.....	28
Tabelle 7: Geometrische Daten zum Kaya Gandini.....	29
Tabelle 8: Geometrische Daten zum Kaya Jibana.....	30
Tabelle 9: Geometrische Daten zum Kaya Kambe.....	31
Tabelle 10: Geometrische Daten zum Kaya Mtswakara.....	32
Tabelle 11: Geometrische Daten zum Kaya Mudzimuvia.....	33
Tabelle 12: Geometrische Daten zum Kaya Mudzimwiru.....	34
Tabelle 13: Geometrische Daten zum Kaya Ribe.....	35
Tabelle 14: Geometrische Daten zum Kaya Tsolokero.....	36

1. Einleitung

1.1. Habitatgröße und Biodiversität

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Auswirkungen von negativen Randeffekten auf die Artenvielfalt innerhalb der unterschiedlich geformten Kayas im Südosten Kenias in Ostafrika. In solchen fragmentierten Landschaften sind Habitatfläche und ihre Form wichtige Faktoren, die die Artenvielfalt innerhalb dieser Patches bestimmen. Im Vergleich zu kleinen Patches, fangen große Patches eher potenzielle Kolonisten ab und weisen aufgrund ihrer größeren Populationsgröße geringere Aussterberaten auf. Darüber hinaus können große Gebiete eine größere Habitat-Heterogenität und -diversität zeigen, was förderlich ist für eine Zunahme der Arten. Im Allgemeinen kann man behaupten, dass der Artenreichtum und die relative Häufigkeit flächenempfindlicher Arten mit abnehmender Patchfläche ebenfalls signifikant abnehmen. Wenn die Gesamtheit eines Lebensraums in einer Landschaft reduziert wird, führt dies typischerweise zu einer stark verzerrten Verteilung der verbleibenden Habitate mit mehreren kleinen Fragmenten, weniger großen Fragmenten und einer verstärkten Isolation dieser Patches. Außerdem nimmt der Fortpflanzungserfolg der Population ab, die Kolonisierungsrate wird reduziert, die Ressourcen werden begrenzt und auch die maximale Populationsgröße ist von Natur aus begrenzt. Folglich trägt dies zu verringerten Populationsgrößen bei und erhöht das lokale Aussterberisiko. Naturkatastrophen, verminderte genetische Diversität und demografische und umweltbedingte Stochastik sind alles Komponenten, die dieser Beziehung zwischen der Patchfläche und den daraus resultierenden Einflüssen auf die Populationen zugrunde liegen (Soga et al, 2013; Helzer et al, 1999).

1.2. Habitatkonfiguration (Size-Edge-Ratio) und Biodiversität

Flächen mit komplexen Formen haben im Verhältnis zum Kernhabitat viel höhere Anteile an Randhabitaten als Flächen gleicher Größe mit einfacheren Formen. Daher nimmt man an, dass die Populationsdichten der im Kern lebenden Arten in solchen Flächen aufgrund von Randeffekten wahrscheinlich abnehmen werden. Es ist bekannt, dass die Raten von Artenverlusten und Populationsrückgängen in kleinen Habitaten aufgrund zusammenwirkender Effekte zwischen Flächenverlust und Randeffekten beschleunigt werden. Ewers et al. (2007) und Banks-Leite et al. (2010) zeigten, dass Unterschiede im Artenreichtum und in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften zwischen Rand- und Kernzonen nur in großen Patches ausgeprägter sind. Unterschiede in kleinen Habitaten werden verdeckt, weil sie ein hohes Umfangs-/Flächenverhältnis aufweisen. Diese Mini-

Habitats bestehen praktisch nur noch aus den Randflächen. Da die Habitatfragmentierung und die Flächen-Verhältnisse mit zunehmender Flächengröße gleichzeitig abnehmen, gilt die Interaktion zwischen Flächen- und Randeffekten als universell in terrestrischen Landschaften und als eine der wichtigsten Prozesse, die die Biodiversität degradieren. Eine solche Interaktion zeigt, dass die Kernzone für die Diversität und die Anzahl der Individuen kernbewohnender Arten wichtiger ist als die Randzone. Folglich geht man davon aus, dass einzelne, große, zirkuläre Habitatflächen einen höheren Artenreichtum aufweisen als kleine Patches mit komplexeren Formen (Soga et al, 2013). Die Art-Flächen-Beziehung (species-area-relationship; SAR) dient der Vorhersage des Artenreichtums und des Biodiversitätsverlusts (Gerstner et al, 2014). Die SAR ist eines der längsten und am häufigsten untersuchten Muster in der geographischen Ökologie. Der Artenreichtum einer Region oder eines Gebietes ist das Ergebnis vieler Prozesse, die über Raum und Zeit hinweg wirken. Somit kann die Art-Flächen-Beziehung die relative Bedeutung aller beteiligten Prozesse nicht analytisch beschreiben. Es handelt sich dabei mehr um eine verallgemeinerte Beschreibung, die die zugrundeliegende Komplexität ökologischer Systeme subsumiert und den/die dominierenden Prozess(e) hervorhebt (Triantis et al, 2008).

1.3. Habitatisolation und Biodiversität

Der Ansatz der Inselarten-Flächen-Beziehung (island-species-area-relationship, ISAR) beschreibt, dass größere Inseln mehr Arten als kleinere Inseln beherbergen. Der Begriff "Insel" steht hierbei jedoch nicht nur für ein von Wasser umgebenes Landstück, sondern auch für Lebensrauminseln, wie zum Beispiel Seen, Waldfragmente usw. MacArthur und Wilson erstellten in den 1960er Jahren das "equilibrium model of island biogeography". Die Grundidee des Modells war, dass die Artenzahl auf einer Insel durch die Einwanderung neuer Arten und das Aussterben bereits vorhandener Arten bestimmt wird. Die Artenzahl ist dann im Gleichgewicht, wenn sich diese beiden Raten ausgleichen. Man nimmt an, dass die Populationsgröße jeder Art proportional zur Inselgröße ist. Hat man 2 große Inseln mit gleichermaßen hohen Immigrationsraten, wird erwartet, dass die Aussterberaten aufgrund ihrer größeren Populationsgröße dann niedriger sind, wenn alle anderen Faktoren gleich sind (Lebensraumvielfalt und Entfernung zum Festland bzw. zur Quelle kolonisierender Arten). Somit hätten größere Inseln eine größere Artenanzahl, wenn sie im Gleichgewicht stehen. Hat man 2 Inseln gleicher Größe und Habitat-Heterogenität, aber unterschiedlichen Entfernungen vom Quellgebiet, würde man erwarten, dass die Aussterberaten gleich sind,

aber die Immigrationsraten für die nähere Insel höher wären. Dadurch würde die nähere Insel auch eine höhere Artenvielfalt aufweisen. Browne und Peck (1996) untersuchten mit Hilfe von Bockkäfern (Cerambycidae, Coleoptera) die Art-Flächen-Beziehung auf den Florida Keys sowie dem Festland und stellten fest, dass die Beziehung zwischen Inselfläche und der dort vorhandenen Artenanzahl für Inseln in einer bestimmten geografischen Region relativ konstant ist. Auf diese Weise ist es möglich, potenziell nützliche Vorhersagen über die Anzahl der Arten auf Inseln zu treffen, wenn außer der Größe nur wenige Informationen verfügbar sind. Für die Naturschutzplanung ist die Kenntnis dieses Zusammenhangs von größter Bedeutung (Beals, 1999). Obwohl sich dieser Ansatz als erfolgreich erwiesen hat, wurde die Anwendung dessen auf abgelegene Inselketten und evolutionäre Zeitabschnitte, durch eine statische Sicht auf Inseln, trotz überwiegender Beweise ihrer Plattendynamik, erschwert. Es ist wichtig zu erkennen, dass es mehrere Ebenen der Isolation gibt, von Habitat-Patches innerhalb von Inseln, bis hin zur Insel als Ganzes, zu Archipele und Gruppen von Archipelen. Die räumliche Konfiguration dieser verschiedenen Systemelemente und deren Dynamik im Laufe der Zeit kann der Schlüssel zum Verständnis der Variation in Form von ISARs, Endemismusgraden und biogeografischer Struktur sein (Whittaker et al, 2017). Die Frage, ob die Fläche per se oder die Vielfalt der Lebensräume einen wichtigeren Einfluss auf den Artenreichtum hat, ist Gegenstand einer ständigen Debatte (Triantis et al, 2003).

1.4. Fragestellung

Gemäß der Inselbiogeografie-Theorie von McArthur und Wilson war man viele Jahre der Meinung, dass das Ausmaß der Fragmentierungseffekte hauptsächlich von der Größe der Habitate und deren Isolation abhängig ist. Jedoch werden Lebensgemeinschaften in Fragmenten durch eine Vielzahl von oft gleichzeitig wirkenden und teilweise voneinander abhängigen Faktoren beeinflusst (Saunders et al., 1991). Dabei dürften Habitatgröße, Randeffekte, Form und Isolation der Fragmente sowie der Anteil der Restflächen an der gesamten Landschaft den größten Einfluss haben (Hänggi & Baur, 1998). Negative Randeffekte wirken sich besonders stark auf schmale Gebiete aus, weshalb man hier eine geringe Biodiversität erwartet. Handelt es sich um eine große, eher runde Fläche, wird die Kernfläche von äußeren Einflüssen so gut wie gar nicht beeinflusst, wodurch man erwartet, dass die Artenvielfalt dort höher ist als in den Randzonen (Helzer et al, 1999). Nach Ermittlung des Flächen-Zonenrand-Verhältnisses und der geografischen Isolation der Kayas mithilfe unterschiedlichster Literatur und dem Geoinformationsprogramm qGIS,

soll herausgefunden werden, inwieweit ein Überleben der Artenvielfalt in diesen kleinen Habitaten möglich ist.

2. Methodik

Offiziell sind nur sehr wenige Daten (genauer Standort, Größe, Anzahl etc.) der einzelnen Kayas Kenias vorhanden. Viele Gebiete sind so klein, dass es nur vereinzelt Hinweise auf ihre Existenz zu finden gibt. Vergleicht man die unterschiedlichen Angaben der Literatur, kann man von ungefähr 60 Kayas ausgehen. Ich habe nach langer Recherche 56 Kayas gefunden, jedoch nur von 47 genügend Daten sammeln können. Einige GPS-Koordinaten lassen sich aus einer Hand voll wissenschaftlicher Arbeiten ablesen (v.a. aus Younge, 2002), andere wiederum habe ich mithilfe der Map des Critical Ecosystem Partnership Funds (CEPF) verglichen. Auf der Map sind mehrere Küstenwälder eingezeichnet, welche ich dann auf Google earth gesucht habe. Die Liste der 47 Kayas mit Name, Ort, Längen- und Breitengrad sowie Größe und geografischer Isolation, findet man nach einer kurzen Einführung zum Studiengebiet und dessen Geschichte. Die Analyse in qGIS wurde durchgeführt, um die Entfernungen zwischen den einzelnen Kayas und die Lebensräume zu untersuchen. Das geografische Informationssystem (GIS) ist ein Computersystem, das geografisch bezogene Informationen analysiert und anzeigt. Mit dem Geoinformationssystem können außerdem Biodiversitäts-Hotspots identifiziert werden. Das Verhältnis von Fläche und Zonenrand (Size-Edge-Ratio), welches im weiteren Verlauf der Bachelorthesis ein zentrales Element zur Bestimmung der Überlebenswahrscheinlichkeit von Arten auf kleinen Inseln wird, wurde ebenfalls via qGIS ermittelt. Außerdem wurde mit dem Programm eine Karte erstellt, auf der alle bekannten Kayas eingezeichnet sind. Damit konnte man die geografische Isolation jedes Waldgebietes bestimmen. Anschließend wurden mit qGIS 11 Kayas in Form von Polygonen eingezeichnet, von denen genügend Informationen über die Flächengröße und Form auffindbar waren. Letztere sind im Ergebnis-Teil dieser Arbeit zu finden.

2.1. Studiengebiet

2.1.1. Geografie

Kenia ist geteilt in 8 Regionen, welche wiederum in 47 Länder unterteilt sind. Es gibt 9 verschiedene ethnische Gruppen, zu denen Giriama, Digo, Chonyi, Jibana, Kauma, Ribe, Rabai, Duruma und Kambe gehören, die als Mijikenda bezeichnet werden (Rajat et al., 2018). Die Küstenregion erstreckt sich etwa 150 km landeinwärts von der Küste entfernt und umfasst eine Fläche von 67.500 km², was etwa 11,5 % der Gesamtfläche Kenias ausmacht. Es gibt sechs Landkreise in der Küstenregion: Kilifi, Kwale, Mombasa, Lamu, Tana River und Taita Taveta. Die Region ist mit riesigen natürlichen Ressourcen ausgestattet, darunter Korallenriffe, Afromontane-Wälder und historische Stätte, Tiefland-, Kaya- und Mangrovenwälder. Letztere bilden die Grundlage für die Wirtschaft dieser Region. Die Waldfläche an der Küste beträgt etwa 8,4 % der gesamten Landfläche (Wekesa et al, 2016). Der größte Teil des Landes liegt unter 200 m, mit Ausnahme einiger Plateaus und vereinzelter Hügel, die erheblich höher ansteigen (z.B. Shimba Hills: ca. 400 m). Die Region Sansibar-Inhambane ist aufgeteilt in zwei Teile, wobei die kenianische Küstenregion in das „Swahili Regional Center of Endemism“ fällt. Derzeit sind über 60 dieser Waldstücke in den Distrikten Kwale und Kilifi/Malindi identifiziert, von den kleinsten (5 ha) bis zu den größten mit über 600 ha (Luke & Githitho, 2003). Die Küstenwälder selbst verteilen sich auf sechs Länder (Somalia, Kenia, Tansania, Mosambik, Simbabwe und Malawi) und nehmen eine Fläche von ca. 3160 km² ein (Ong'anda, 2002).

2.1.2. Allgemeines

Die kenianischen Küstenwälder sind eine heterogene Gruppe von isolierten, (halb-) immergrünen Wäldern mit geschlossenen Baumkronen, welche sich 60 km von der Küste des Indischen Ozeans bis ins Landesinnere erstrecken. Man findet sie hauptsächlich auf kleinen Hügeln, die nicht höher als maximal 600 Meter sind (Githitho, 1998). Die Wälder liegen auf alten Korallenriffen, welche durch den Meeresspiegelmrückgang freigelegt wurden. Aus diesem Grund findet man viele Kalksteinfelsen in den Waldbetten (Shepherd, 2014). Ostafrikanische Küstenwälder sind tropische Wälder, die bekannt für ihre reiche Artenvielfalt sind, einschließlich vieler seltener und bedrohter Taxa sowie einer hohen Vielfalt endemischer Pflanzen- und Tierarten. Das „swahilianisches Zentrum des Endemismus“ gilt hierbei als Hotspot des Endemismus in Afrika. Die Küstenwälder beherbergen knapp 800 endemische

Arten innerhalb von acht biologischen Gruppen. Der Anteil endemischer Arten in den Küstenwäldern ist für alle Artengruppen hoch und diese Küstenwälder enthalten die höchste Anzahl endemischer Pflanzen- und Wirbeltierarten pro Flächeneinheit der Welt. Die Wälder sind nicht nur die Heimat vieler endemischer Arten, sondern enthalten auch mehr als die Hälfte der seltenen Pflanzen Kenias. Dieser Vegetationstyp beherbergt mehr als 4.500 Pflanzenarten und 1.050 Pflanzengattungen. Die reiche Biodiversität ist vor allem auf günstige klimatische Bedingungen und eine Vielzahl ökologischer Nischen zurückzuführen (Shepheard, 2014).

2.1.3. Wirtschaft und Naturschutz

Kaya-Wälder sind wichtig für die Luft- und Wasserreinigung, Bestäubung, Samenverbreitung, Klimaänderung, Bodenstabilisierung sowie für den Dürre- und Hochwasserschutz, Recycling von Nährstoffen und der Erhaltung gesunder Lebensräume (Wekesa et al, 2016). Der demographische Druck ist in den Tropen, in denen viele Ökosysteme ohnehin fragil sind, aktuell besonders hoch. Vor allem die Umwandlung dieser Lebensräume in landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Nutzflächen stellt eine erhebliche Bedrohung für die biologische Artenvielfalt dar, zumal der Nährstoffeintrag durch Phosphor und Stickstoff stark ansteigt und die Habitatfläche sowie die dort lebenden Tier- und Pflanzenpopulationen verringert sowie fragmentiert werden. Der Klimawandel und die Verschlechterung des Bodens kommen als erschwerende Faktoren noch hinzu. Der kenianische Waldstreifen gilt als sehr wichtig für den weltweiten Erhalt der Biodiversität. Bedauerlicherweise gibt es jedoch noch keine konkreten Schätzungen für die gegenwärtig intakten, zusammenhängenden Baumkronen dieser Wälder oder das Ausmaß des Waldverlusts in der jüngeren Geschichte. Die Wälder bestanden aus Dickicht, Buschland, Wald, Grasland und dem wertvollen Küstenwald; inzwischen gibt es davon nur noch vereinzelt Relikte entlang der Küste, was hauptsächlich auf anthropogene Störungen zurückzuführen ist. In den letzten Jahrzehnten stieg die Nachfrage nach Land für die Landwirtschaft, den Städtebau, den Bergbau und für Forstprodukte stark an, was in weiterer Folge zum Verlust und Beschädigung dieser kleinen Wälder und der damit verbundenen heiligen Haine geführt hat (Luke & Githitho, 2003). Zusätzlich hat die gestiegene Nachfrage nach Bauland (v.a. für den Tourismus), Landwirtschaft und Bergbau zu einer hohen Abholzung der Wälder und eine Zunahme der Umweltverschmutzung geführt. Es ist wichtig, die Biodiversität nicht nur in Naturschutzgebieten, sondern auch in

anthropogenen Landschaften zu erhalten und weiters auch deren nachhaltige Nutzung zu berücksichtigen. Die Bedeutung der Küstenwälder für die Biodiversität wird seit mehreren Jahrzehnten erforscht. Seit den 1980er Jahren gibt es diverse, spezifische Schutzstrategien. Das Wissen über die Bedeutung sowie der Erhaltung dieser Küstenwälder nimmt stetig zu (Shepherd, 2014).

2.1.4. Biodiversität

Die Kayas weisen eine bemerkenswerte botanische Vielfalt sowie einen hohen Erhaltungswert auf, wie durch umfangreiche botanische Studien, die von den National Museums of Kenya Mitte der 80er und Anfang der 90er Jahre durchgeführt wurden, festgestellt wurde. Mehr als die Hälfte der seltenen Pflanzen Kenias sind in der Küstenregion zu finden, viele davon sind endemisch. Bisher wurden für die Kayas über 3.000 Pflanzentaxa erfasst. Eine Studie über die Vogelmenschen der Kayas ergab, dass 4 Kayas als weltweit bedeutende Vogelgebiete vorgeschlagen wurden. Die Arbeit an Schmetterlingen an einem Kaya-Standort an der Südküste brachte 112 Schmetterlingsarten und 165 Mottenarten auf einem 30 Hektar großen Grundstück hervor. Ostafrika gilt als der „Hotspot der Biodiversität“, der weltweit unter den 25 besten Waldstandorten für den Schutz rangiert. Die Zone hat eine der höchsten Endemismusraten in Afrika für Pflanzen und anderen Arten, einschließlich Vögel, Amphibien und Wirbellose. Ein Grund dafür ist geologisch. Das gesamte Spektrum an geologischem Substrat, das in Afrika gefunden wurde, ist im Küstenwaldgürtel vorhanden. Wälder finden sich auf sämtlichen Ebenen. All diese Faktoren tragen zur großen Vielfalt der Vegetationstypen bei. Die Wirkung wird durch die Vielfalt der Klimaregime und Bodentypen noch verstärkt. Als Teil dieses Systems und als Überbleibsel eines vermutlich noch viel ausgedehnteren Waldes an der Küste Kenias ist es nicht verwunderlich, dass Kayas hohe Biodiversitätswerte in Bezug auf Diversität, Endemismus und Seltenheit aufweisen. Die neuesten Schätzungen zeigen, dass Kayas etwa 5 % der verbleibenden geschlossenen Küstenwaldfläche Kenias ausmachen. Als eine Bewertung der Werte der Pflanzenbiodiversität durchgeführt wurde, waren 7 der 20 Gebiete mit dem höchsten Erhaltungszustand Kaya Wälder (Githitho, 2008).

2.1.5. Auflistung aller Kayas

Die nachstehende Tabelle führt die 47 bekanntesten Kayas auf. Sie enthält Daten darüber, in welchem Gebiet sie liegen, ihre Koordinaten sowie die jeweilige Größe jedes einzelnen Küstenwaldes. Über die Größe lassen sich teilweise unterschiedliche Angaben in der Literatur finden, weshalb für jene der Mittelwert verwendet wurde. Auch die Koordinaten sind nicht immer eindeutig, weshalb ich jene mithilfe von qGIS gesucht und genauer angeschrieben habe.

Tabelle 1: Auflistung der Kayas nach Name, Längen- und Breitengrad und Größe (Daten aus: Younge, 2002; Fungomeli et al., 2020; Matiku, o. J.; Shephard, 2014; Githitho, 2008; Busolo, 2007; mindat.org; Conservation Mapping Program, 2010; GIS)

Nr.	Name	Ort	Breitengrad	Längengrad	Größe (ha)
1	Gonja forest	Kwale	-4,58337	39,12942	842
2	Kaya Bate	Malindi	-3,18	39,917	25
3	Kaya Bogowa	Kwale	-4,662820	39,376953	5
4	Kaya Bombo	Kwale	-4,12	39,517	10
5	Kaya Bomu	Kilifi	-3,93209	39,59489	290,8
6	Kaya Bore	Malindi	-3,049209	39,951894	40
7	Kaya Bura	Malindi	-3,120094	39,925241	100
8	Kaya Chale (Chale Island)	Kwale	-3,78171	39,66232	50
9	Kaya Chitanze (Kitsantse forest)	Kwale	-4,12	39,467	10
10	Kaya Chivara	Kilifi	-3,69452	39,69132	150
11	Kaya Chonyi	Kilifi	-3,79367	39,66855	200
12	Kaya Digo	Kwale	-3,812855	39,692489	114
13	Kaya Dagamura	Malindi	-3,083537	39,920029	k.A.
14	Kaya Diani	Kwale	-4,27523	39,58520	20
15	Kaya Dzombo	Kwale	-4,4362	39,2128	902
16	Kaya Fimboni	Kilifi	-3,92	39,583	77,9
17	Kaya Fungo (Giriama)	Kilifi	-3,78	39,51047	204
18	Kaya Galu (Ganzoni)	Kwale	f.A.	f.A.	10
19	Kaya Gandini (Takawa, Duruma)	Kwale	-4,02714	39,50881	190
20	Kaya Jegu	Kwale	-4,6300	39,18300	10
21	Kaya Jibana	Kilifi	-3,8447911	39,6766199	119
22	Kaya Kambe	Kilifi	-3,86766	39,65363	75
23	Kaya Kauma	Kilifi	-3,95	39,73778	75
24	Kaya Kinondo (Ngalaani)	Kwale	-4,39443	39,54601	30

25	Kaya Kiteje	Kwale	-4,129735	39,580651	10
26	Kaya Koyeni	Kilifi	-3,82	39,66670	7
27	Kaya Lunguma	Kwale	-4,12	39,517	155
28	Kaya Maiowe	Malindi	-3,12	39,917	60
29	Kaya Miyani	Kwale	-4,15	39,433	20
30	Kaya Mtae	Kwale	-4,1066665	39,4385586	k.A.
31	Kaya Mtswakara	Kwale	-4,003741	39,521374	248
32	Kaya Mudzimuvia	Kilifi	-3,94074	39,58463	171
33	Kaya Mudzimwiru	Kilifi	-3,95913	39,57372	147
34	Kaya Muhaka (Mwadabara)	Kwale	-4,32568	39,52328	150
35	Kaya Mwidzimwiru	Kilifi	-3,95259	39,56648	147
36	Kaya Ribe	Kilifi	-3,8999109	39,6380167	46
37	Kaya Sega	Kwale	-4,55	39,1000	50
38	Kaya Shonda	Mombasa	-4,109512	39,647403	10
39	Kaya Singwaya	Malindi	-3,118364	39,851999	10
40	Kaya Starehe	Malindi	-3,12	39,917	k.A.
41	Kaya Teleza	Kwale	-4,13	39,50342	67
42	Kaya Tiwi	Kwale	-4,25557	39,59803	10
43	Kaya Tsolokero	Kilifi	-3,842356	39,743628	25
44	Kaya Ukunda	Kwale	-4,218213	39,564479	25
45	Kaya Waa	Kwale	-4,18	39,61565	30
46	Miongoni gallery forest	Kwale	-4,600	39,11700	70
47	Mrima	Kwale	-4,4702583	39,25000	290

Abbildung 1 auf der nächsten Seite zeigt alle in dieser Arbeit gelisteten Kayas. Mit den Koordinaten aus Tabelle 1 wurde mithilfe des Programms qGIS eine Übersicht dieser Wälder erstellt. Die Nummerierung der Punkte entspricht jener der Tabelle 1.

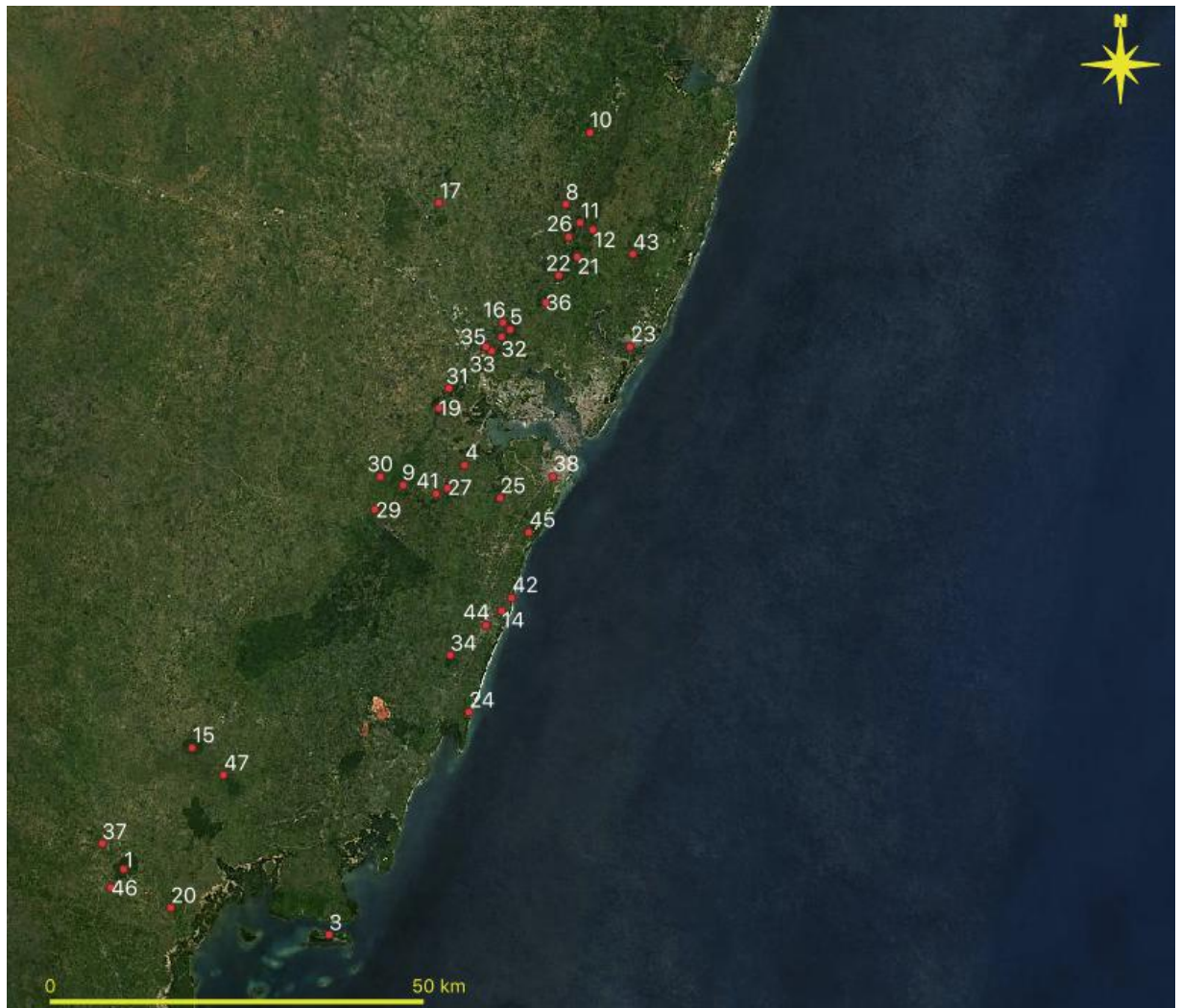


Abbildung 1: Lage aller aufgelisteten Kayas aus Tabelle 1 (erstellt mit qGIS)

1:Gonja forest, 2:Bate, 3:Bogowa, 4:Bombo, 5:Bomu, 6:Bore, 7:Bura, 8:Chale, 9:Chitanze, 10:Chivara, 11:Chonyi, 12:Digo, 13:Dagamura, 14:Diani, 15:Dzombo, 16:Fimboni, 17:Fungo, 18:Galu, 19:Gandini, 20:Jego, 21:Jibana, 22:Kambe, 23:Kauma, 24:Kinondo, 25:Kiteje, 26:Koyeni, 27:Lunguma, 28:Maiowe, 29:Miyani, 30:Mtae, 31:Mtswakara, 32: Mudzimuvia, 33: Mudzimwuru, 34:Muhaka, 35:Mwidzimwuru, 36:Ribe, 37:Sega, 38:Shonda, 39:Singwaya, 40:Starehe, 41:Teleza, 42:Tiwi, 43:Tsolokero, 44:Ukunda, 45:Waa, 46:Miongoni gallery forest, 47:Mrima

3. Ergebnisse

Nachstehend eine Aufstellung aller in dieser Arbeit aufgelisteten Kayas nach ihrer Größe (Abbildung 2). Betrachtet man die Gleichgewichts-Theorie der Biogeographie von Inseln, wird angenommen, dass, neben der Entfernung zu den anderen Inseln, auch die Inselgröße ein wichtiger Faktor für die Artenzahl darstellt. Deutlich von der Masse abhebend ist der Kaya Dzombo und der Gonja forest mit Flächen von circa 840-900 ha, gefolgt von den Kayas Bomu, und Mrima, welche eine Fläche von 290 ha aufweisen. Die kleinsten Flächen mit etwa 5 ha bilden die Kayas Koyeni und Bogowa. Man geht davon aus, dass größere Waldflächen im Gleichgewichtszustand mehr Arten beherbergen als kleinere.

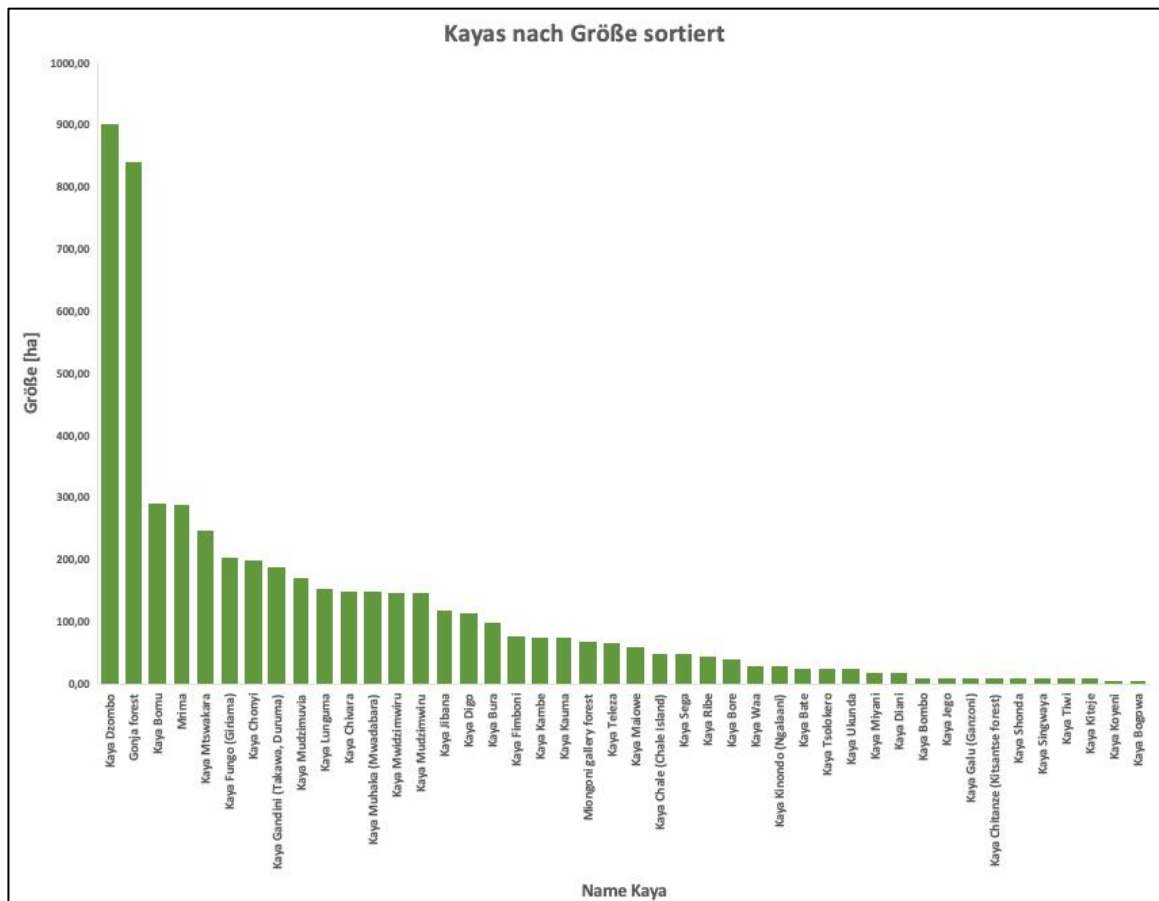


Abbildung 2: Kayas nach Größe sortiert

Bezugnehmend auf Abbildung 1, werden in Tabelle 2 die Distanzen zwischen den nächstgelegenen größeren Küstenwald in Meter aufgeführt. Gemessen wurde die Entfernung zwischen den Rändern der Wälder. Waren diese nicht klar ersichtlich, wurde der Abstand zwischen den jeweiligen GPS-Punkten gemessen. Abbildung 3 veranschaulicht dies nochmal grafisch. Je geringer die Entfernung zweier Inseln, desto stärker ist ihr Genfluss, wodurch die Wahrscheinlichkeit einer Art auszusterben erheblich verringert wird. Auf Inseln werden im Laufe der Zeit stetig Arten aussterben, zuwandern etc., die tatsächliche Artenzahl, welche abhängig von Inselgröße und Entfernung ist, ergibt sich jedoch aus dem Gleichgewichtszustand zwischen Extinktion und Kolonialisierung von Populationen.

Tabelle 2: Geografische Isolation aller Kayas (berechnet via qGIS)

Nr.	Name	Distanz zum nächsten Küstenwald (Kaya, Nationalpark, etc.) (m)	Nächstgelegener Küstenwald
1	Gonja forest	1040	Miongoni gallery forest
2	Kaya Bate	0	Arabuko Sokoke National Reserve

3	Kaya Bogowa	0	Wasini Island
4	Kaya Bombo	1990	Likoni River
5	Kaya Bomu	0	Kaya Mudzimuvia
6	Kaya Bore	6332	Kaya Dagamura
7	Kaya Bura	1104	Kaya Starehe
8	Kaya Chale (Chale Island)	1581	Kaya Chonyi
9	Kaya Chitanze (Kitsantse forest)	1470	Mwaluganje Elephant Sanctuary
10	Kaya Chivara	9912	Kaya Chale
11	Kaya Chonyi	990	Kaya Koyeni
12	Kaya Digo	1271	Kaya Chonyi
13	Kaya Dagamura	3778	Kaya Starehe
14	Kaya Diani	2095	Kaya Tiwi
15	Kaya Dzombo	4285	Mrima
16	Kaya Fimboni	0	Kaya Bomu
17	Kaya Fungo (Giriama)	2055	Sacred Mijikenda Kaya Forests
18	Kaya Galu (Ganzoni)	f.A.	f.A.
19	Kaya Gandini (Takawa, Duruma)	0	Kaya Mtswakara
20	Kaya Jego	3586	Ngowa Island
21	Kaya Jibana	2914	Kaya Kambe
22	Kaya Kambe	2914	Kaya Jibana
23	Kaya Kauma	1013	Limousine Island
24	Kaya Kinondo (Ngalaani)	1886	Bora Bora Wildlife Park Diani
25	Kaya Kiteje	6604	Kaya Shonda
26	Kaya Koyeni	990	Kaya Chonyi
27	Kaya Lunguma	2840	Kaya Teleza
28	Kaya Maiowe	0	Kaya Starehe
29	Kaya Miyani	2860	Kaya Mtae
30	Kaya Mtae	1880	Mwaluganje Elephant Sanctuary
31	Kaya Mtswakara	0	Kaya Gandini
32	Kaya Mudzimuvia	0	Kaya Bomu
33	Kaya Mudzimwiru	610	Kaya Mwidzimwiru
34	Kaya Muhaka (Mwadabara)	5448	Bora Bora Wildlife Park Diani
35	Kaya Mwidzimwiru	610	Kaya Mudzimwiru
36	Kaya Ribe	3116	Kaya Kambe
37	Kaya Sega	3160	Gonja forest
38	Kaya Shonda	6604	Kaya Kiteje

39	Kaya Singwaya	6980	Kaya Starehe
40	Kaya Starehe	0	Kaya Maiowe
41	Kaya Teleza	2840	Kaya Lunguma
42	Kaya Tiwi	2095	Kaya Diani
43	Kaya Tsolokero	5957	Kaya Digo
44	Kaya Ukunda	2199	Kaya Diani
45	Kaya Waa	3215	Green Turtle Beach
46	Miongoni gallery forest	1040	Gonja forest
47	Mrima	4285	Kaya Dzombo

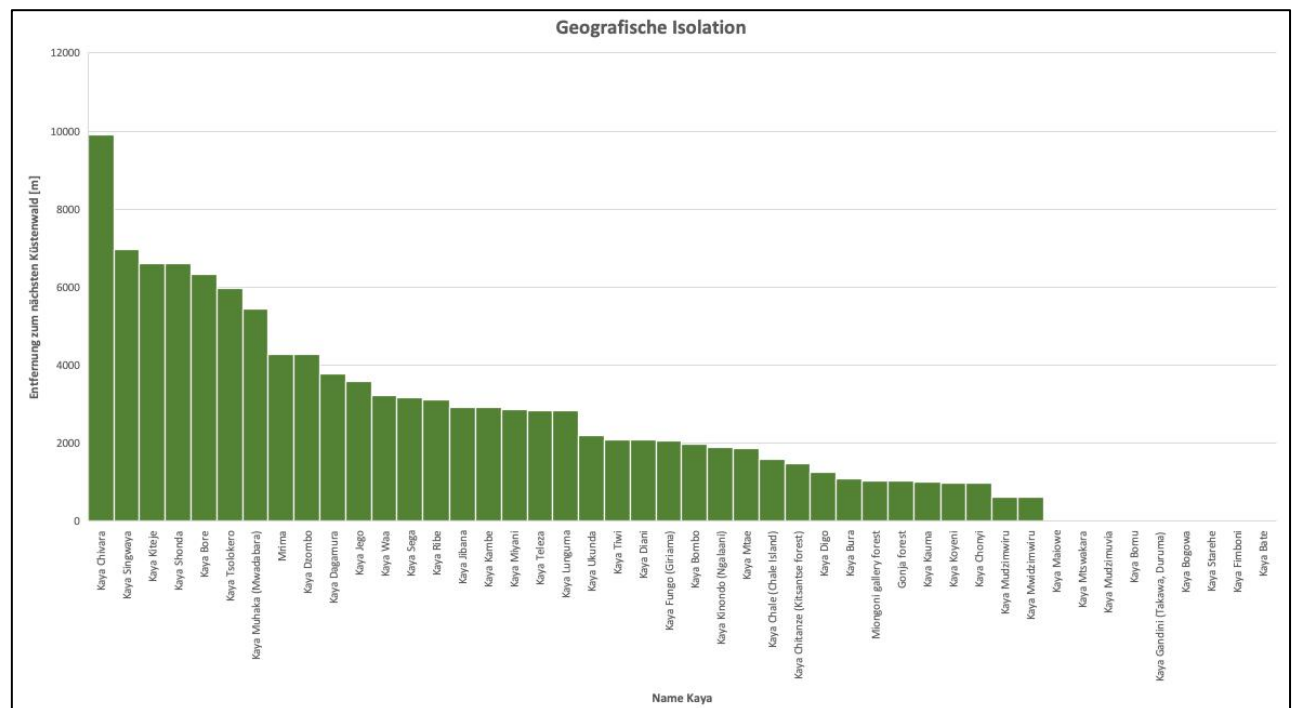


Abbildung 3: Geografische Isolation aller Kayas statistisch dargestellt

Protection status	Number of Kayas	Cumulative size (ha)
Forest reserves	4	451
NMK	34	2781
FR/NMK	3	707
Ungazetted surveyed	4	70
Ungazetted not surveyed	4	-
UNESCO Heritage sites	9	1433
All Kaya Forest	56	5423

Abbildung 4: Auflistung der unterschiedlichen Schutzstatus, Anzahl der betreffenden Kayas und der gesamten Fläche, die von jeder Schutzstatus-Kategorie eingenommen wird (Kagama, 2021)

Wie auch in der Tabelle von Francis Kagema (Abbildung 4) ersichtlich, stellt der Großteil der Küstenwälder nationale Kulturdenkmäler (NM) dar, deren Erhaltung als von nationaler Bedeutung erachtet wird und aus diesem Grund staatlich schutzwürdig ist. 34 von 56 Kayas fallen unter National Monuments. Lediglich 4 der 56 Wälder sind Waldreservate (Chonyi, Jibana, Kambe, Ribe). Waldreservate sind auf Dauer angelegte Schutzflächen. Sie schützen den Wald als natürliches Ökosystem und dienen dem Erhalt der Biodiversität. Es wird auf forstwirtschaftliche Eingriffe verzichtet (Bundesamt für Umwelt, BAFU). Die Küstenwälder Chonyi und Mudzimwiru, letzterer ist bereits ziemlich degradiert, sind beide stark bedroht. Negative Randeffekte, vor allem durch intensive Flächenbewirtschaftung, können in Form von Düngemittel oder Pestiziden Einfluss auf die Waldinseln haben. Je geringer diese voneinander entfernt liegen, desto weniger Platz ist für menschliche Einflüsse gegeben. Stehen diese vernetzten Gebiete noch dazu unter Schutz, ist die Einwirkung negativer Randeffekte stark vermindert (Ong'anda, 2002; Githitho, 2008).

Da nur von wenigen Küstenwäldern ausreichend Daten bezüglich genauer Größe und vor allem der Form vorliegen, konzentriere ich mich in meiner Arbeit auf 11 Kayas, über die ich ausreichend Informationen dahingehend sammeln konnte. Um nun den Einfluss von negativen Randeffekten auf die Biodiversität besser bestimmen zu können, habe ich via qGIS diese 11 Wälder in die Google Hybrid Map eingezeichnet. Die Polygone sind teilweise nicht bis zum Waldrand eingezeichnet. Dies hat den Grund, dass es in der Literatur ebenfalls so grafisch dargestellt wurde. Würde man außerdem jeden Kaya bis zur Waldgrenze einzeichnen, wären die Flächenangaben mit der Literatur nicht mehr analog. Das Computerprogramm qGIS berechnet exakt die Fläche sowie den Umfang jedes Polygons. Die eingezeichneten Kayas sowie einige Nebeninfos zu diesen findet man im Anhang ab Seite 23. Eine Zusammenstellung der Form, Fläche, Länge der Randlinie sowie der daraus resultierenden Size-Edge-Ratio dieser Wälder zeigt Tabelle 3. Die Berechnung der Size-Edge-Ratio erfolgt durch die Division der Flächengröße mit der Länge der Linie des Zonenrandes. Das Ergebnis sind sehr kleine Werte für Habitate, die eine geringe Fläche und sehr viel Rand haben (z.B.: schlauchartige Habitatform) - diese wäre dann sehr negativ für die Biodiversität, da von außen viel Störung auf die Fläche einwirkt.

Tabelle 3: Größe, Umfang, Form und Size-Edge-Ratio der 11 Kayas (berechnet via qGIS)

Nr.	Kaya	Umfang (m)	Fläche (ha)	Form	Size-Edge-Ratio
5	Bomu	10197	290,0145	oval	0,02844116

11	Chonyi	7584	20,07924	rund	0,00264758
15	Fimboni	3838	77,7476	rund	0,02025732
19	Gandini	7957	190,2914	oval	0,02391497
21	Jibana	1933	119,155	schmal	0,06164252
22	Kambe	3773	75,2007	rund	0,01993127
31	Mtswakara	10289	248,1033	oval	0,02411345
32	Mudzimuvia	7320	171,9041	rund	0,02348417
33	Mudzimwiru	6549	147,1806	oval	0,02247375
36	Ribe	902	46,124	oval	0,05113525
43	Tsolokero	2511	25,2281	oval	0,01004703

Abbildung 5 stellt die Werte der errechneten Size-Edge-Ratio zur besseren Veranschaulichung nochmals grafisch dar.

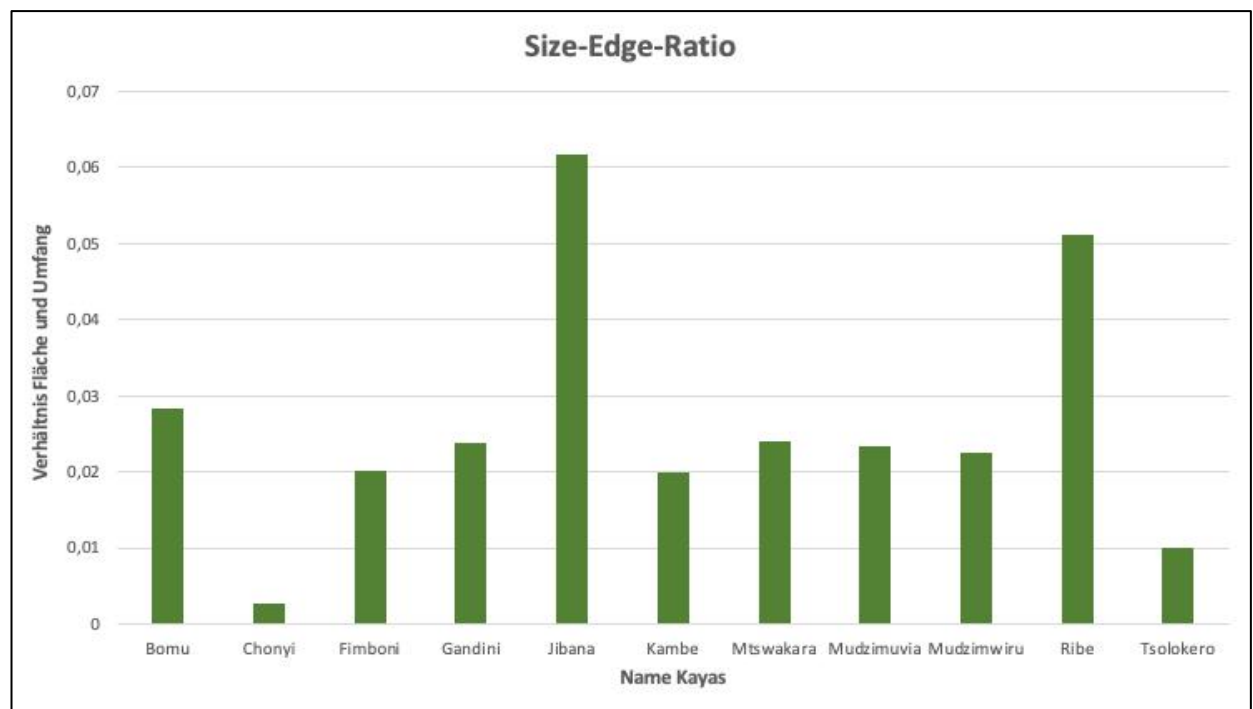


Abbildung 5: Size-Edge-Ratio der 11 aufgelisteten Kayas

4. Diskussion

4.1. Auswirkungen der Habitatkonfiguration auf die Biodiversität

Die Fragmentierung von Habitaten führt zu einer Abnahme der biologischen Diversität sowie der genetischen Vielfalt sowie einer höheren Wahrscheinlichkeit für Inzucht. Dabei stellt der Fragmentierungsgrad den Zustand einer Landschaft dar. Besonders davon betroffen sind kleinere Lebensräume. Infolge einer genetischen Drift kommt es zu einem

höheren Aussterberisiko sowie einer verminderten Fähigkeit, sich an sich verändernde Umweltbedingungen anzupassen. Die Habitatfragmentierung führt auch zu stetig zunehmenden Randeffekten, welche anthropogene Habitatränder besonders stark beeinflussen können. Um die Auswirkung negativer Randeffekte auf die biologische Vielfalt abschätzen zu können, muss das Verhältnis zwischen Zonenrand und Fläche in Relation gestellt werden. Außerdem spielt die Form des Habitats eine wichtige Rolle. Die Zusammensetzung einer Landschaft, welche selbst ein Indikator für die Artenvielfalt sein kann, hängt von den Lebensraumeigenschaften, aber auch von den dort beheimateten Lebensgemeinschaften ab. Zu erwähnen wären hierbei Source-Sink- sowie Metapopulationsdynamiken, Konkurrenzeffekte usw. Somit haben nicht nur lokale Prozesse Auswirkungen auf die biologische Diversität, sondern auch regionale Einflüsse wie z.B. Immigration und Emigration (Köhler, Eggers; 2012).

Das National Museum of Kenya und das Forest Department sind die beiden Behörden, die die administrative Verantwortung für die Kayas tragen. In Fällen, in denen ein Kaya in ein Nationalreservat fällt, ist der Kenya Wildlife Service (KWS) für dessen Schutz verantwortlich. Über die Coastal Forest Conservation Unit (CFCU) führen die National Museums of Kenya in Zusammenarbeit mit den Distriktbüros der FD und KWS Überwachungs- und Erhaltungsprogramme für die Kayas durch. Diese haben behördenübergreifende Kooperationsvereinbarungen zum Schutz der Kayas unterzeichnet. Zur Messung des Erhaltungszustands von Kaya-Stätten, sowohl im Hinblick auf ihre kulturellen als auch auf natürliche Werte, werden eine Reihe von Schlüsselindikatoren genutzt. Die Indikatoren wurden aufgrund ihrer Benutzerfreundlichkeit, Kompatibilität mit den Routinen und Ressourcen der Managementinstitutionen und ihrer klaren Verbindung mit anderen Aspekten der Funktionsweise dieser Kulturlandschaften ausgewählt (Githitho, 2008).

Indicator	Periodicity of review of indicator per site	Location of records
Decrease in area of forested site / interference with boundary	At least every two months per site	NMK / CFCU monthly and occasional reports in north and south coast offices. FD reports
Forest species and ecological structure	At least every two months per site	NMK / CFCU monthly and occasional reports in north and south coast offices. FD reports
Traditional Elders Committee meetings, activity	At least once every three months per site	NMK / CFCU monthly and occasional reports in north and south coast offices. FD reports
Traditional Kaya Cultural Ceremonies	At least every two months per site	NMK / CFCU monthly and occasional reports in north and south coast offices. FD reports
Maintenance of ritual paths, huts in Kaya	At least every two months per site	NMK / CFCU monthly and occasional reports in office
Functioning community livelihood projects	At least every two months per site	NMK / CFCU monthly and occasional reports in office

*Abbildung 6:
Schlüsselindikatoren
zur Überprüfung des
Erhaltungszustands
der Kayas
(Originalausschnitt
aus Githitho, 2008)*

Die Schlüsselindikatoren, die verwendet werden, um den Status der Kayas anzuzeigen, wie in Abbildung 6 angegeben, wären:

- Abnahme der Kayafläche (z.B. wurde Kaya Chonyi in der Waldfläche auf weniger als ein Fünftel des ursprünglich gemeldeten Ausmaßes reduziert)
- Gesundheit der Kaya-Wälder unter Verwendung von Indikatoren wie Extraktionsraten, Kartierung von Vegetationstypen und Schätzung der Baumkronen
- Anzahl der Treffen der Ältesten sowie der kulturellen Zeremonien, die in einem bestimmten Quartal des Jahres in den Kayas durchgeführt wurden (deutet auf ein wachsendes kulturelles Bewusstsein innerhalb der Gemeinschaft hin)
- Zugänglichkeit der Kayas (Wartung bedeutet häufigen Gebrauch. Die Reinigung der Kaya-Pfade und der Bau von Ritualhütten ist ein wesentliches Element der großen traditionellen Kaya-Zeremonien)
- Anzahl erfolgreicher und nachhaltiger Projekte zur Sicherung des Lebensunterhalts der Gemeinschaft (bezieht sich auf Verringerung der lokalen Abhängigkeit von den Kayas bei der Nutzung natürlicher Ressourcen) (Githitho, 2008)

Eine Verringerung der Habitatfläche aufgrund von Habitatverlust und -fragmentierung kann sich negativ auf Arten auf Gemeinschafts- und Populationsebene auswirken. Es kommt dabei häufig zu deutlichen Verschiebungen in der Artenzusammensetzung durch reduzierte Fragmentflächen. Patches, welche eine eher längliche Form, eingekerbte Umrissse oder Einschlüsse von offenen Habitaten innerhalb des Fragments besitzen, weisen einen höheren Umfang auf und beheimaten zumeist weniger Arten und Individuen als Waldbestände mit kompakten Formen und ununterbrochenen Umrissen. Die Size-Edge-Ratio korreliert allgemein stärker mit dem Artenreichtum und der Vorkommenswahrscheinlichkeit als die Patchfläche. Wie vorhin erwähnt, tragen auch hohe Verbreitungsraten zum „Rettungseffekt“ bei, durch den kleine Populationen aufgrund des kontinuierlichen Genflusses zwischen den einzelnen Habitaten überleben können. Andernfalls würden diese Populationen aufgrund der kleinen Habitatgröße ohne Artenwechsel hohe Aussterberaten erfahren (Helzer et al., 1999). Somit spielt neben der Size-Edge-Ratio auch die Isolation eine wichtige Rolle in Bezug auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Arten in kleinen Gebieten.

Nun folgt die Interpretation der Ergebnisse der 11 ausgewählten Kayas. Kaya Jibana ist zwar groß, jedoch sehr schmal geformt, weshalb dieser eine Size-Edge-Ratio von 0,06 hat

und von allen untersuchten Kayas die höchste aufweist. Kaya Ribe ist sehr klein und schmal geformt, weshalb dieser eine Ratio von 0,05 hat. Je schlauchartiger ein Gebiet, desto höher die Size-Edge-Ratio und desto höher der Einfluss negativer Randeffekte. Das Verhältnis ist höher als bei Kayas, welche eine eher kreisrunde oder ovale Form haben, wie Kaya Bomu (0,02), Fimboni (0,02), Gandini (0,02), Kambe (0,01), Mudzimuvia (0,02) und Mudzimwiru (0,02) und Tsolokero (0,01). Kaya Chonyi hat mit 0,002 das mit Abstand kleinste Flächen-Rand-Verhältnis. Kaya Mtswakara ist zwar sehr langgestreckt, hat jedoch auch breitere Gebiete und ist mit knapp 250ha deutlich größer als viele andere Küstenwälder, weshalb er eine Size-Edge-Ratio von 0,02 besitzt und dadurch weniger von äußeren Einflüssen betroffen ist. Je kleiner die Flächen-Umfang-Beziehung ist, desto weniger wird das Kerngebiet durch negative Randeffekte von außen beeinflusst und desto stabiler ist die Artenvielfalt innerhalb dieses Bereichs. Betrachtet man also Tabelle 3 und Abbildung 5 (Seite 19), zeigt sich, dass die Size-Edge-Ratio tatsächlich mit der Form des Waldes korreliert. Demnach sollte die Überlebenswahrscheinlichkeit von Arten im Kaya Chonyi und Kaya Tsolokero am höchsten und im Kaya Jibana sowie Kaya Ribe am geringsten sein. Auch die geografische Isolation spielt eine bedeutende Rolle. Kaya Tsolokero gehört zu den Gebieten, welche die größte Distanz zu anderen Wäldern aufweisen. Die Kayas Bomu, Gandini, Fimboni, Mtswakara und Mudzimuvia, stehen in einer direkten Nachbarschaft mit anderen Kayas, Nationalparks u.ä. Kaya Tsolokero ist somit sehr isoliert, hat jedoch eine gute Size-Edge-Ratio, weshalb anzunehmen ist, dass sich die dortige Biodiversität auch langfristig gesehen im Gleichgewicht befindet. Vergleicht man diese Annahme nun mit Literaturangaben (Annex 1), sieht man, dass dort, auf einer Fläche von nur 25 ha, 213 verschiedene Pflanzenarten beheimatet sind, was weitaus höher ist als z.B. im schmalen Kaya Jibana, welcher, obwohl er 94 ha größer als Tsolokero ist, lediglich 195 Arten beherbergt. Jedoch muss gesagt werden, dass nicht nur das Flächen-Zonenrand-Verhältnis und die Isolation, sondern auch die Fragmentierung der Landschaft einen Einfluss auf die Artenvielfalt hat. Sehr degradiert wären lt. Literatur unter anderem die Kayas Chonyi und Mudzimwiru. Kaya Chonyi sollte trotz seiner geringen Größe, jedoch mit einer Size-Edge-Ratio von lediglich 0,002 und einer geringen Isolation von 990m, eine relativ gute Artenanzahl beherbergen. Laut Literaturangaben sind dort aber nur 62 Pflanzenarten beheimatet, obwohl er größentechnisch fast gleichauf ist wie Kaya Tsolokero, welcher außerdem viel isolierter ist. Vergleicht man diese 2 Küstenwälder, wird deutlich, dass Tsolokero sehr dicht bewachsen ist und nur wenig landwirtschaftlich genutzt wird. Chonyi ist zwar umgeben von Wäldern und weist eine geringe Isolation auf, wird

jedoch landwirtschaftlich stark genutzt, was die geringe Artenvielfalt erklärt. Weitere Faktoren, die die Biodiversität eines Gebiets beeinflussen, wären unter anderem die Anpassungsfähigkeit einer Art auf ihr Habitat. Viele Arten werden durch andere verdrängt, weshalb manche Gebiete artentechnisch sehr monoton bestückt sind. Aber auch biotische Faktoren wie Insekten, die auf bestimmte Pflanzen spezialisiert sind, können zum Rückgang dieser und zur Dominanz anderer Pflanzen führen. Die Qualität und Fruchtbarkeit des Bodens ist ein erwähnenswerter, abiotischer Faktor. So beherbergt Kaya Gandini trotz seiner geringen geografischen Isolation und seiner Größe nur 80 Arten. Kaya Jibana hat einen sehr feuchten Boden, gute Bodennährstoffe, ist kleiner als Gandini und beherbergt, obwohl beide Wälder landwirtschaftlich genutzt werden, über 100 Arten mehr. Auch topografische Variablen wie Höhe, Neigung und Ausrichtung können die Biomasse der Gemeinschaft und die Artenzusammensetzung beeinflussen, indem sie z.B. Auswirkungen auf die Bodenfeuchtigkeit oder die Temperatur haben und somit das Mikroklima verändern (Zhou et al., 2021). Die Randeffekte sind vielfältig und hängen von der Beschaffenheit des Randes, des Lebensraumes sowie der Anpassungsfähigkeit der dort lebenden Arten ab (Potts et al., 2016). Die Isolation ist in Bezug auf die Pflanzenwelt kein beachtlicher Faktor, hingegen spielt er für die Fauna eine wichtige Rolle, da Tiere meist mobil sind und so ungünstigen Situationen oder Lebensräumen mehr oder weniger gut ausweichen können. Somit kommt es bei Pflanzen eher zu einem lokalen Aussterben als bei Tieren, weshalb der Erhalt und Schutz solcher Lebensräumen von enormer Wichtigkeit ist. Schlussfolgernd kann man also sagen, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit von Arten zwar von der Habitatkonfiguration, -isolation und -größe stark beeinflusst wird, jedoch eine Reihe abiotischer und biotischer Faktoren ihren Teil dazu beitragen.

5. Literaturverzeichnis

„Index | BIOCULT“. Zugegriffen 8. Juni 2021. <http://141.48.4.195/biocult/>

Fungomeli, M., Githitho, A., Frascaroli, F., Chidzinga, S., Cianciaruso, M., Chiarucci, A. (2020)

„A New Vegetation-Plot Database for the Coastal Forests of Kenya“. *Vegetation Classification and Survey* 1, <https://doi.org/10.3897/VCS/2020/47180>

Matiku, P. (2005) “The Coastal Forests of Kenya: Forests data, threats, socio-economic issues, values, stakeholders, challenges, strategies, investment and enabling environment”. A National Synthesis Report for the Development of the WWF-EARPO Eastern Africa Coastal Forests Ecoregion Programme, <http://hdl.handle.net/1834/8857>

Shepherd, E. (2014) „Culture and Conservation in the Sacred Sites of Coastal Kenya“

Githitho, A. N. (2008) “The Sacred Mijikenda Kaya Forests”

Githitho, A. N. (1998) “Institutional Challenges in Conservation: The Case of the Sacred Kaya Forests of the Kenya Coast”, Mombasa, National Museums of Kenya, The World Bank/WBI's CBNRM Initiative

Luke, W.R.Q., Githitho, A. N. (2003) “Biodiversity and the kaya Forests.”, African Studies Centre, <http://hdl.handle.net/1834/9014>

Githitho, A. N. (2005) “The Sacred Mijikenda kayas of coastal Kenya: Traditional conservation and management practices”. *Traditional conservation practices in Africa*, ICCROM

Triantis, K. A., Nogues-Bravo, D., Hortal, J., et al. (2008) “Measurements of area and the (island) species-area relationship: new directions for an old pattern”. *Okios*, 177: 1555 – 1559

Beals, M., Gross, L., Harrell, S. (1999) “Species-area relationships”

Whittaker, R. J., Ferndandez-Palacios, J. M., et al. (2017) „Island Biogeography: Taking the Long View of Nature’s Laboratories“. *Science* 357, Nr. 6354

Triantis, K. A., Mylonas, M., Lika, L., Vardinoyannis, K. (2003), „A Model for the Species–Area–Habitat Relationship“. *Journal of Biogeography* 30, Nr. 1: 19–27, <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00805.x>

Gerstner, K., Dormann, C. F., Vaclavik, T., Kreft, H., Seppelt, R. (2014) „Accounting for Geographical Variation in Species-Area Relationships Improves the Prediction of Plant Species Richness at the Global Scale“. Hg. von Peter Pearman, *Journal of Biogeography* 41, Nr. 2: 261–73, <https://doi.org/10.1111/jbi.12213>

Soga, M., Kanno, N., Yamaura, Y., Koike, S. (2013) „Patch Size Determines the Strength of Edge Effects on Carabid Beetle Assemblages in Urban Remnant Forests“. *Journal of Insect Conservation* 17, Nr. 2: 421–28, <https://doi.org/10.1007/s10841-012-9524-x>

Busolo, I. (2007) “Faunal Remains from Kaya Bate: An ancient Mijikenda settlement on the northern Kenya coast”. *Dar es Salaam: Dar es Salaam University Press*. p. 112-122.

- Denil, M., Koenig, M.** (2010) “Conservation Outcomes – Eastern Arc Mountains and Coastal Forests”. Center for Applied Biodiversity Science Conservation International, https://www.cepf.net/sites/default/files/EasternArc_Outcomes_map.pdf
- Younge, A.** (2002) “Eastern Africa Coastal Forest Programme“. Regional Workshop Report Nairobi feb. 4-7 2002. 123 pp, <http://hdl.handle.net/1834/307>
- Ong’anda, H. O.** (2002) „GIS Technical inputs for the eastern Africa coastal forests“. GIS technical input report. Consultancy: REF.9F0735.01
https://www.cepf.net/sites/default/files/EasternArc_Outcomes_map.pdf (Zugegriffen am 16. Juni 2021)
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/fachinformationen/massnahmen-zur-erhaltung-und-foerderung-der-biodiversitaet/oekologische-infrastruktur/waldreservate.html> (Zugegriffen am 17. Juli 2021)
- Köhler, R., Eggers, B.** (2012) „Waldfragmentierung und Artenschutz: Analyse der Auswirkungen der Fragmentierung von Waldökosystemen auf Indikatorarten unter Berücksichtigung von Landschaftsstrukturindizes“. Johann Heinrich von Thünen-Institut. Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei. Sonderheft 363.
https://www.mindat.org/paleo_loc.php?id=16293
- Wekesa, C., Ongugo, P., Ndilo, L. et al.** (2017) “Smallholder Farming Systems in Coastal Kenya. Key Trends and Innovations for Resilience“. Country report. International Institute for Environment and Development (IIED), London
- Hänggi, A. & Baur, B.** (1998): The effect of forest edge on ground-living arthropods in a remnant of unfertilized calcareous grassland in the Swiss Jura mountains. - Mitt. Schweiz. Entomol. Ges. 71: 343-353.
- Saunders, D., Hobbs, R., Margules, C.** (1991) “Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review“. Conservation Biology, Vol. 5, No. 1, pp. 18-32.
- Rajat, J., Jefwa, J., Mwafaida, J., Chiro, L.** (2017) „Ethnobotanical Important Plant Species of Kaya Kauma and Kaya Tsolokero“. Int J Hort Agric. 3(1): 1-6. DOI: 10.15226/2572-3154/3/1/00116
- Helzer, C. J., Jelinski, D. E.** (1999) „The relative importance of patch area and perimeter-area ratio to grassland breeding birds“, Ecological Applications 9, Nr. 4, pp. 1448-1458, Ecological Society of America
- Zhou, T., Zhang, J., Qin, Y., Jiang, M., Qiao, X.** (2021) “The Effects of Biotic and Abiotic Factors on the Community Dynamics in a Mountain Subtropical Forest“. Forests 2021, 12, 427. <https://doi.org/10.3390/f12040427>
- Potts, J. R., Hillen, T., Lewis, M. A.** (2016) „The “Edge Effect” Phenomenon: Deriving Population Abundance Patterns from Individual Animal Movement Decisions“. Theoretical Ecology 9, Nr. 2: 233–47, <https://doi.org/10.1007/s12080-015-0283-7>

6. Annex 1: Kayas dargestellt als Polygone via qGIS

Kaya Bomu (Nr. 5):

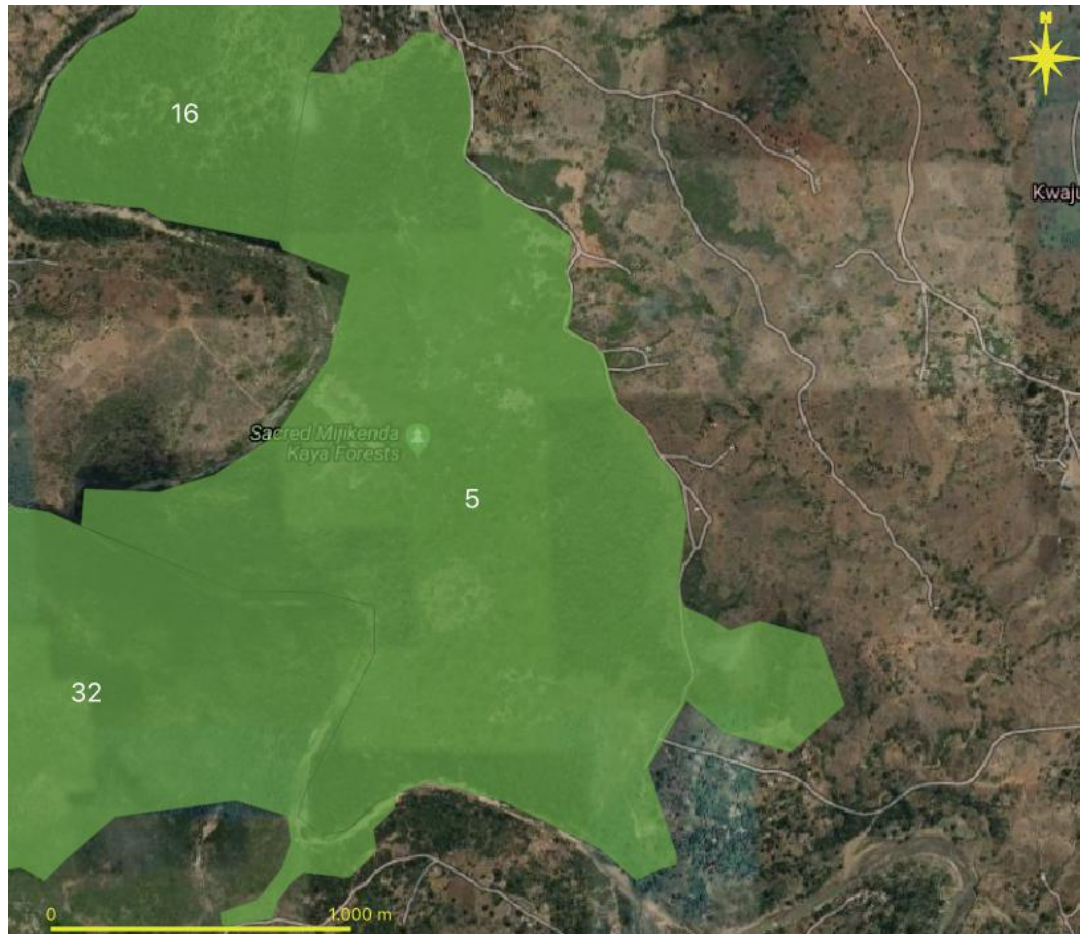


Abbildung 7: Kaya Bomu, Fimboni und Mudzimuvia eingezeichnet via qGIS

Tabelle 4: Geometrische Daten zum Kaya Bomu

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
290,8	290,0145	10197	oval

Biodiversität (Githitho, 2008):

- Artenreichtum Pflanzen: 154 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: gestoppt
- Flora: Kokosnusspalmen; vom Aussterben bedrohte Pflanze: *Combretum tenuipetiolatum*, stark gefährdet: *Bauhinia mombasae* sowie sechs gefährdete Pflanzenarten
- Boden: gut
- Sonstiges: besonders schützenswert; dichter Wald, wirkt optisch gesund seit Stopp der Landwirtschaft; Wassereinzugsgebiet

Kaya Chonyi (Nr. 11):



Abbildung 8: Kaya Chonyi eingezeichnet via qGIS

Tabelle 5: Geometrische Daten zum Kaya Chonyi

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
20	20,07924	7584	rund

Biodiversität (Githitho, 2008; Shephard, 2014; mindart.org; Wekesa et al., 2017):

- Artenreichtum Pflanzen: 62 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: Farmen dominieren; Anpflanzung trockenheitstoleranter Pflanzen wie Maniok und viele frühreifende Pflanzensorten
- Flora: gefährdete Pflanzenarten: *Canthium pseudovertillatum* und *Tarenna drummondii*
- Boden: Kalkstein
- Sonstiges: umgeben von Wäldern und Dörfern

Kaya Fimboni (Nr. 16):



Abbildung 9: Kaya Fimboni eingezeichnet via qGIS

Tabelle 6: Geometrische Daten zum Kaya Fimboni

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
77,9	77,7476	3838	rund

Biodiversität (Githitho, 2008):

- Artenreichtum Pflanzen: k.A.
- Landwirtschaft: gestoppt
- Flora: Kokosnusspalmen; vom Aussterben bedrohte Pflanze: *Combretum tenuipetiolatum*, stark gefährdet: *Bauhinia mombasae* sowie sechs gefährdete Pflanzenarten
- Boden: gut
- Sonstiges: besonders schützenswert; dichter Wald, wirkt optisch gesund seit Stopp der Landwirtschaft; Wassereinzugsgebiet

Kaya Gandini (Nr. 19):

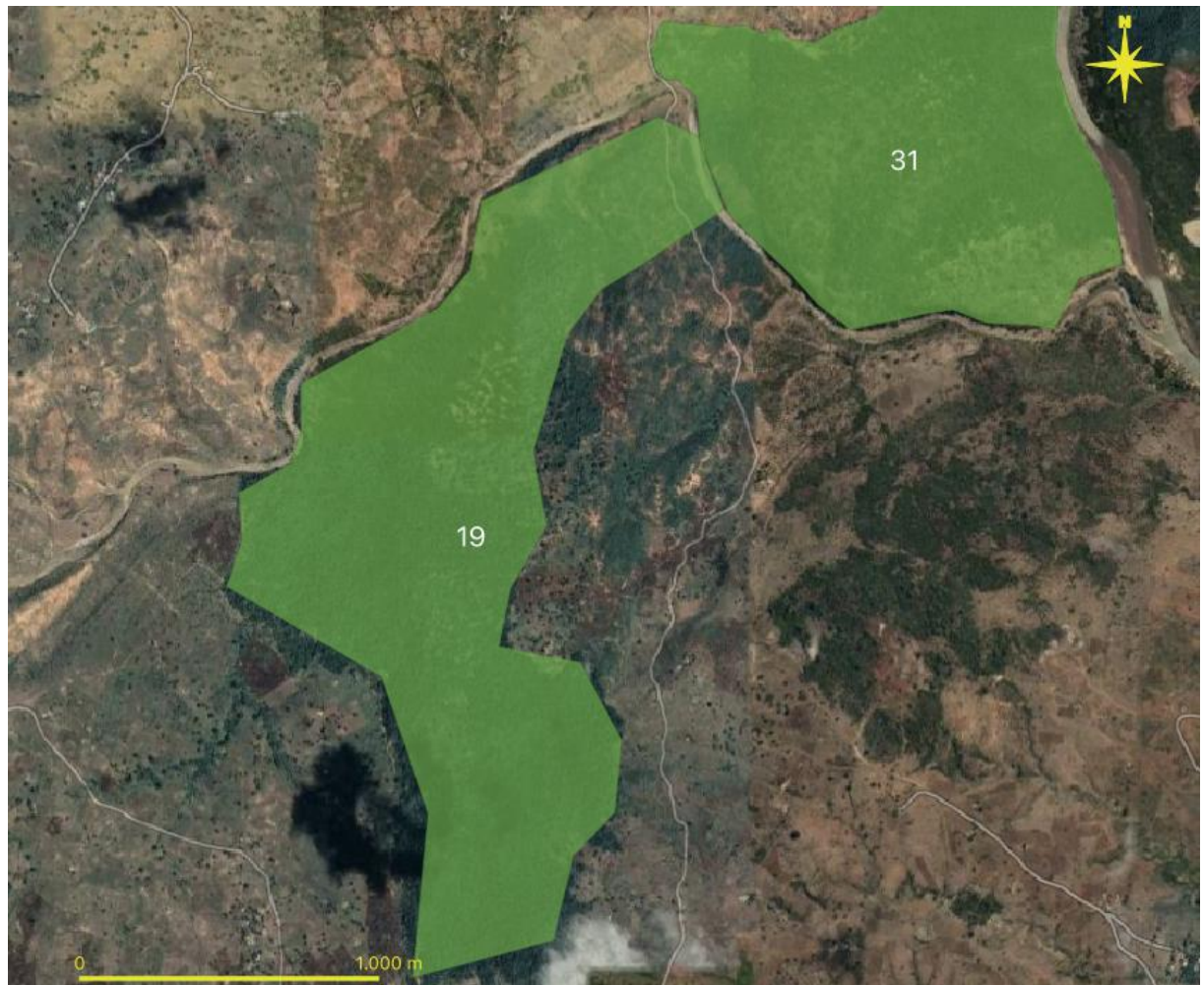


Abbildung 10: Kaya Gandini eingezeichnet via qGIS

Tabelle 7: Geometrische Daten zum Kaya Gandini

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
190	190,2914	7957	oval

Biodiversität (Githitho, 2008):

- Artenreichtum Pflanzen: 80 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: Viehzucht
- Flora: Mangrovenwälder, Buschland, trockener Laubwald; gefährdet: *Angylocalyx braunii*, *Canthium kilifiensis*, *Vitellariopsis kirkii*
- Boden: Ton und Schiefer; halbtrocken
- Sonstiges: sanfte Hügel; liegt auf Bergrücken; stark gefährdete Vogelarten: *Zootheria guttata* und *Anthus sokokensis*

Kaya Jibana (Nr. 21):

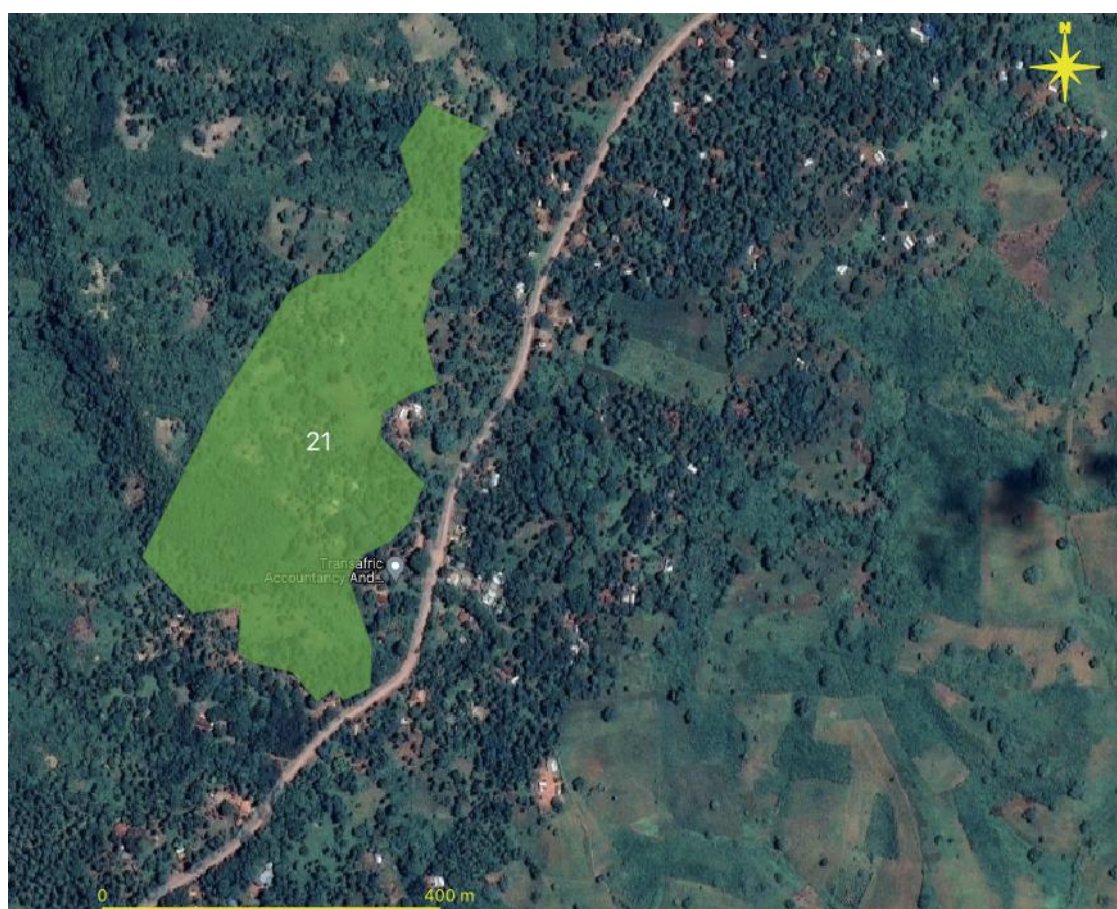


Abbildung 11: Kaya Jibana eingezeichnet via qGIS

Tabelle 8: Geometrische Daten zum Kaya Jibana

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
119	119,155	1933	schmal

Biodiversität (Githitho, 2008):

- Artenreichtum Pflanzen: 195 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: Kokos- und Cashewnuss-, Maniok-, Orangen und Maisfarmen
- Flora: hoher, dichter, feuchter Laubwald; dominiert von Trachylobium, Fernandoa, Julbernardia, Antiaris, Grevia, Bombax, Cynommetra, Parkia; gefährdet: Angylocalyx braunii, Canthium kilifiensis, Coffea pseudozanguebariae, Mkilua fragrans, Multidentia sclerocarpa, Shirakiopsis triloculae; stark gefährdet: Diospyros shimbaensis
- Boden: sehr feucht
- Sonstiges: auf einem Bergrücken liegend, 30 km von Küstenhauptstadt Mombasa entfernt; umgeben von Hügeln, Tälern und zahlreichen Bächen; südlicher Teil in einem guten Zustand, restliche Abschnitte mit Sekundärwald und Anbaugeländen

Kaya Kambe (Nr. 22):



Abbildung 12: Kaya Kambe eingezeichnet via qGIS

Tabelle 9: Geometrische Daten zum Kaya Kambe

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (km)	Form
75	75,2007	3773	rund

Biodiversität (Githitho, 2008):

- Artenreichtum Pflanzen: 109 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: gestoppt
- Flora: dichter, feuchter Laubwald; Kokosnusspalmen, Cashew; gefährdet: *Angylocalyx braunii*, *Coffea pseudozanguebariae*, *Cola octoloboides*
- Boden: gut und feucht
- Sonstiges: südseitig Straße sowie mit Wald bedeckter Kalksteinaufschluss, Bleimine nordseitig stellt Gefährdung für Wald dar, Wald ist jedoch in einem guten Zustand; kaum Eingriffe durch umliegende Bauernhöfe

Kaya Mtswakara (Nr. 31):



Abbildung 13: Kaya Mtswakara eingezeichnet via qGIS

Tabelle 10: Geometrische Daten zum Kaya Mtswakara

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
248	248,1033	10289	schmal

Biodiversität (Githitho, 2008):

- Artenreichtum Pflanzen: 64 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: Viehzucht
- Flora: Mangrovenwälder, Buschland, trockener Laubwald in den oberen Hängen, feuchterer Wald in der Nähe des Flusses, einige Freiflächen in den Randbereichen mit bewaldeten Wiesen; Combretum, Terminalia, Sterculia, Afzelia und Cynometra; gefährdet: Buxus obtusifolia, Vitellaropsis kirkii, Aristogeitonia monophylla und Pavetta linearifolia
- Boden: Ton und Schiefer; halbtrocken
- Sonstiges: sanfte Hügel; liegt auf Bergrücken zwischen Flüssen und Mwache Forest Reserve

Kaya Mudzimuvia (Nr. 32):

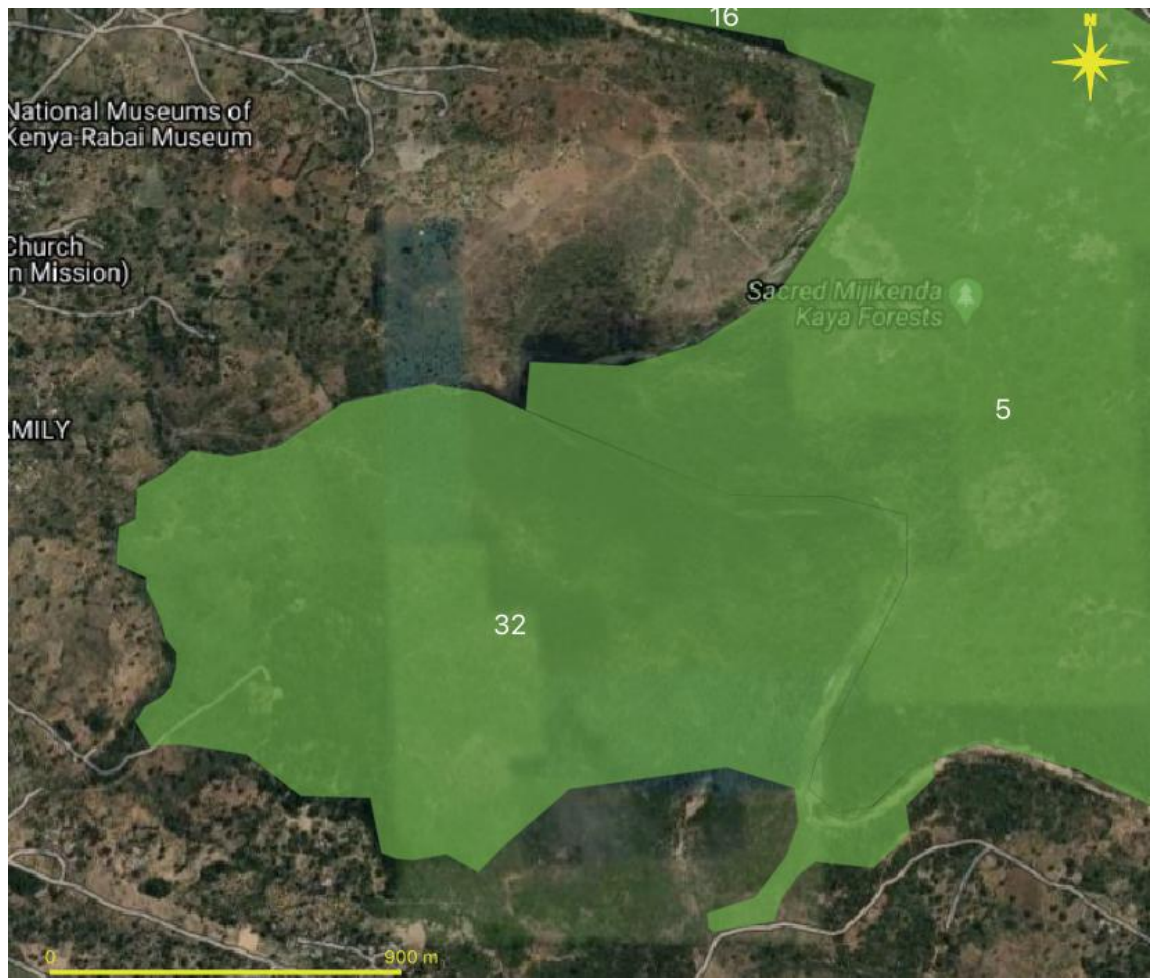


Abbildung 14: Kaya Mudzimuvia eingezeichnet via qGIS

Tabelle 11: Geometrische Daten zum Kaya Mudzimuvia

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (km)	Form
171	171,9041	7320	rund

Biodiversität (Githitho, 2008):

- Artenreichtum Pflanzen: 85 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: gestoppt
- Flora: dichter Wald; Kokosnusspalmen; vom Aussterben bedrohte Pflanze: *Combretum tenuipetiolatum*, stark gefährdet: *Bauhinia mombasae* sowie sechs gefährdete Pflanzenarten
- Boden: gut
- Sonstiges: besonders schützenswert; dichter Wald, wirkt optisch gesund seit Stopp der Landwirtschaft, dennoch degradiert; Wald an den Rändern in gewissem Umfang zur Selbstversorgung genutzt; Wassereinzugsgebiet

Kaya Mudzimwiru (Nr. 33):



Abbildung 15: Kaya Mudzimwiru eingezeichnet via qGIS

Tabelle 32: Geometrische Daten zum Kaya Mudzimwiru

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
147	147,1806	6549	oval

Biodiversität (Githitho, 2008; Shephard, 2014):

- Artenreichtum Pflanzen: 70 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: nein
- Flora: semi-dichter Wald, hohe Artenvielfalt
- Boden: gut
- Sonstiges: umgeben von Farmland, Straßen und Wälder

Kaya Ribe (Nr. 36):



Abbildung 16: Kaya Ribe eingezeichnet via qGIS

Tabelle 13: Geometrische Daten zum Kaya Ribe

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
46	46,124	902	oval

Biodiversität (Githitho, 2008):

- Artenreichtum Pflanzen: 95 (Fungomeli et al., 2020)
- Landwirtschaft: k.A.
- Flora: Laubmischbäume; Kokospalmen, gefährdet: *Angylocalyx braunii*, *Buxus obtusifolia*, *Cynometra brachyrrachis*, *Mkilua fragrans*, *Sterculia schliebenii*, *Synsepalum subverticillatum*; stark gefährdet: *Bauhinia mombasae*, *Cola octoloboides*, *Diospyros shimbaensis*
- Boden: Tonschiefer, mäßig fruchtbar
- Sonstiges: liegt in einer Senke, an einer Flussgabelung, umgeben von Dörfern; Waldvegetation in gutem Zustand, großteils ungestört

Kaya Tsolokero (Nr. 43):



Abbildung 17: Kaya Tsolokero eingezeichnet via qGIS

Tabelle 14: Geometrische Daten zum Kaya Tsolokero

Größe lt. Literatur (ha)	Größe des Polygons (ha)	Umfang (m)	Form
25	25,2281	2511	schmal

Biodiversität (Githitho, 2008; Younge et al., 2002, Rajat et al., 2018):

- Artenreichtum Pflanzen: 213
- Landwirtschaft: gering
- Flora: immergrüne Vegetation, dichter Wald, vielfältige Blumenvielfalt, ; 54
Nahrungspflanzen, 114 Medizinpflanzen, 48 herbal plant species
- Boden: sehr nährstoffreich und fruchtbar
- Sonstiges: degradierter Wald; im Wald noch 1 Kaya-Dorf mit Wohnbevölkerung,
Straße führt direkt durch den Wald

7. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Salzburg, am 01.08.2021



Laura Höfle