

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND  
FACILITY MANAGEMENT INSTITUT

# **Einfluss des Anbaulandes und ökologische Auswirkungen des Kaffeeanbaus auf die Biodiversität**

Bachelorarbeit

von

Nuot Fliri

Bachelorstudiengang 2020

Abgabedatum 06.07.2023

Umweltingenieurswesen



Fachkorrektoren/Fachkorrektorinnen:

**Matthias Stucki & Silvan Wanner**

ZHAW Life Sciences und Facility Management

Grüentalstrasse 14

8820 Wädenswil

## Keywords

Kaffeeanbau, Biodiversitätsverlust, ökologische Folgen, Land-Arten-Flächenverhältnis (SAR) Modell, Länderspezifische Charakterisierungsfaktoren, Kaffeeproduktionsländer, potenzieller Biodiversitätsverlust, Biome, Agroforstsysteme, Ökoregionen

## Zitiervorschlag

Autor: Fliri Nuot

Titel: Einfluss des Anbaulandes und ökologische Auswirkungen des Kaffeeanbaus auf die Biodiversität

Erscheinungsjahr: 2023

## Name des Instituts

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW),

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

## Abkürzungsverzeichnis

CBD	Convention on Biological Diversity
CF	Charakterisierungsfaktor
GBF	Global Biodiversity Framework
ICO	International Coffee Organisation
PDF	Potential Disappeared Fraction
PSL	Potential Species Loss
SAR	Land-Arten-Flächenbeziehungsmodells (countryside Species-Area Relationship)
USDA	United States Department of Agriculture
VS	Vulnerability Score

## Abstract

The cultivation of Coffee is an agricultural resource worldwide, particularly in tropical countries, providing a livelihood for 20-25 million small-scale farmers and experiencing a steady increase in demand on the global market. Remarkable increases in productivity have been observed in major producing countries such as Brazil, China, and Vietnam since 1961.

This study examined the impact of cultivation regions on the loss of biodiversity per kilogram of Coffee beans and the ecological consequences of Coffee production in different regions. The study quantified the influence of Coffee cultivation on biodiversity using the countryside Species-Area-Relationship (SAR) model. The world was divided into various eco-regions, and vulnerability was assessed based on area, species diversity, and threat level. The ten largest Coffee-producing countries were investigated, with Mexico and Colombia exhibiting a higher potential species loss per kilogram of Coffee compared to other countries. Specifically, Mexico required a large area of 34.64 square meters per kilogram of Coffee, indicating inefficient Coffee cultivation. Colombia showed a significant impact on biodiversity due to cultivation in biologically valuable regions with high biodiversity.

Furthermore, the impacts of different biomes on potential species loss were analysed. Three biomes were identified with a higher proportion of lost species per kilogram of Coffee: tropical and subtropical moist forests, tropical and subtropical dry forests, and tropical and subtropical coniferous forests. Three of Brazil's largest cultivation areas are located in biomes with lower potential species loss per kilogram of Coffee, indicating that it is possible to identify areas that yield high productivity while minimizing species loss. To reduce biodiversity loss in existing Coffee plantations, it is recommended to implement agroforestry systems with native plant species. These systems not only provide habitats for various taxa but also contribute to sustainable cultivation practices that can reduce the use of pesticides and herbicides. A carefully designed mixture of shade trees plays a crucial role in sustainable cultivation with high yields.

In order to examine the country-specific effects on potential biodiversity loss, Switzerland and an anonymous coffee producer were balanced. It was found that compared to the world coffee mix, Switzerland had a 57% higher loss and the anonymous producer a 139% higher loss. This result is due to the fact that Switzerland and the anonymous coffee producer source their beans from countries like Colombia or Peru, which have a high potential biodiversity loss due to coffee cultivation. On the other hand, the purchase of coffee from India, Brazil, Vietnam or Ethiopia would - according to a conclusion of this study - reduce the potential biodiversity loss.

## Zusammenfassung

Der Anbau von Kaffee ermöglicht weltweit und vor allem in tropischen Ländern 20-25 Millionen Kleinbauern den Lebensunterhalt, wobei die Nachfrage auf dem Weltmarkt stetig steigt. Entsprechend verzeichnen laut Food and Agriculture Organisation (FAO), Hauptproduktionsländer wie Brasilien und Vietnam seit 1961 Produktivitätssteigerungen.

Diese Studie untersuchte den Einfluss des Anbaulands auf den Biodiversitätsverlust pro Kilogramm Kaffeebohnen und die ökologischen Auswirkungen des Kaffeeanbaus auf die Biodiversität in verschiedenen Regionen. Der Einfluss des Kaffeeanbaus auf die Biodiversität wurde mithilfe des Land-Arten-Flächenverhältnis (SAR) Modells quantifiziert. Für eine differenzierte Analyse der Vulnerabilität wurde unter Berücksichtigung der Parameter «Fläche», «Artenvielfalt» und «Bedrohungsstufe» zwischen verschiedenen Ökoregionen unterschieden. Untersucht wurden die zehn grössten Kaffeeproduktionsländer, wobei Mexiko und Kolumbien einen höheren potenziellen Artenverlust pro Kilogramm Kaffee aufwiesen als andere Länder. Insbesondere Mexiko benötigte eine Fläche von 34.64 m<sup>2</sup> pro Kilogramm Kaffee, dieser Wert liegt 20.43 m<sup>2</sup> über dem durchschnittlichen Landverbrauch, dies deutet auf einen ineffizienten Kaffeeanbau hin. In Kolumbien wurde in Regionen, die eine grosse Biodiversität aufweisen, eine starke Veränderung der Biodiversität als Folge des Kaffeeanbaus festgestellt.

Des Weiteren wurden die Auswirkungen verschiedener Biome auf den potenziellen Artenverlust analysiert. Dabei wurden drei Biome identifiziert, die einen höheren Anteil an verschwundenen Arten pro Kilogramm Kaffee aufwiesen: die tropischen und subtropischen feuchten Laubwälder, die tropischen und subtropischen trockenen Laubwälder sowie die tropischen und subtropischen Nadelwälder. Drei der grössten Anbauggebiete Brasiliens befinden sich jedoch in Biomen mit einem geringeren potenziellen Artenverlust pro Kilogramm Kaffee. Dies zeigt, dass es möglich ist, Anbauggebiete zu identifizieren, die hohe Erträge liefern und dennoch den Artenverlust minimal halten können. Um den Biodiversitätsverlust von bestehenden Kaffeepflanzungen zu verringern – so ein Fazit dieser Studie – können Agroforstsysteme mit einheimischen Arten eingesetzt werden. Diese Systeme bieten nicht nur Lebensräume für verschiedene Taxa, sondern tragen auch zu nachhaltigen Anbaupraktiken bei, die den Einsatz von Pestiziden und Herbiziden reduzieren können. Eine genau abgestimmte Mischung von Schattenbäumen spielt dabei eine entscheidende Rolle für einen nachhaltigen Anbau mit hohen Erträgen.

Um die länderspezifischen Auswirkungen auf den potenziellen Biodiversitätsverlust zu prüfen, wurde die Schweiz und ein anonymer Kaffeehersteller bilanziert. Es zeigte sich, dass im Vergleich zu dem Weltkaffee-Mix, die Schweiz einen 57% und der anonyme Hersteller einen 139% höheren Verlust vorweisen. Dieses Ergebnis geht darauf zurück, dass die Schweiz sowie der anonyme Kaffeehersteller ihre Bohnen aus Ländern wie Kolumbien oder Peru beziehen, die einen hohen potenziellen

Biodiversitätsverlust aufgrund des Kaffeeanbaus vorweisen. Hingegen würde der Bezug von Kaffee aus Indien, Brasilien, Vietnam oder Äthiopien – so zweites Fazit dieser Studie – den potenziellen Biodiversitätsverlust reduzieren.

## 1 Einleitung

Kaffee ist eines der meistgetrunkenen Genussgetränke weltweit und bietet dem Menschen praktisch keine lebenswichtigen Nährstoffe. Die Rohstoffe für dieses beliebte Getränk werden jedoch auf vielen Hektar Land angebaut, meist weit entfernt von Endkonsument:innen. Der Einfluss des Kaffeeanbaus auf die Biodiversität ist bisher noch wenig erforscht. Zwar haben einige Studien, wie die von Philpott et al. (2008) oder Souza et al. (2012), den Biodiversitätsverlust auf Kaffeeplantagen untersucht und dabei nach den Auswirkungen der Anbaumethoden auf die Artenvielfalt gefragt. Eine Analyse des Biodiversitätsverlustes ganzer Kaffeeproduktionsländer sowie der Vergleich der länderspezifischen Daten fehlen bis heute.

Angesichts des Klimawandels und der stetig steigenden Nachfrage nach Kaffee ist ein nachhaltiger Anbau und Konsum von grosser Bedeutung geworden. Für nachhaltigere Konsumentenscheidungen ist differenziertes Wissen über den Biodiversitätsverlust, das mit der vorliegenden Studie generiert wird, unabdingbar. Es ist wichtig, die Länder zu analysieren, um den Biodiversitätsverlust durch den Kaffeekonsum auch in den Konsumländern bewusst zu machen. In dieser Arbeit werden die zehn grössten Kaffeeanbauländer mithilfe des Land-Arten-Flächenbeziehungsmodells (Species-Area Relationship, SAR) und mit Daten der FAO über Erträge pro Hektare, analysiert (Chaudhary & Brooks, 2018; FAO, 2021). Dadurch kann die Forschungsfrage beantwortet werden: "Wie beeinflusst das Anbauland den Biodiversitätsverlust pro Kilogramm Kaffeebohnen und welche ökologischen Auswirkungen hat der Kaffeeanbau in verschiedenen Regionen auf die Artenvielfalt?"

Das SAR Modell berechnet Verletzlichkeitswerte von 811 verschiedenen Ökoregionen, die vom World Wildlife Fund (WWF), weltweit identifiziert und klassifiziert wurden. Eine Ökoregion kann als ein geographisch abgegrenztes Gebiet von mehreren Tausend Quadratkilometern definiert werden, das durch eine einzigartige Kombination von abiotischen (nicht-lebendigen) und biotischen (lebenden) Faktoren charakterisiert ist. Diese Einteilung von Ökoregionen stellt ein wichtiges Instrument dar, um den Naturschutz zu fördern, da sie es ermöglicht, die Flora und Fauna sowie ihre Bedeutung innerhalb des Ökosystems besser zu verstehen (Dinerstein et al., 2017; Olson et al., 2001; WWF, 2023a). Die Ökoregionen wiederum werden aufgrund der Ähnlichkeit bezüglich Klima, Lebensraum, Anpassungsfähigkeit von Tieren und Pflanzen, Artenvielfalt und menschlicher Aktivität in 14 verschiedene Biome eingeteilt (WWF, 2020b).

Die Einflüsse des Kaffeeanbaus auf die Biodiversität der Länder, Regionen und Biome werden in der vorliegenden Arbeit analysiert. Um die berechneten, länderspezifischen Charakterisierungswerte (CF) anzuwenden, wird der Kaffeekonsum der Schweiz und ein Kaffeehersteller der Schweiz bilanziert und verglichen. Aufgrund der Analysen werden Möglichkeiten zur Reduzierung des Biodiversitätsverlusts aufgezeigt. Zum Schluss werden noch weitere Forschungsbereiche identifiziert, die den Biodiversitätsverlust im Zusammenhang mit Kaffee noch genauer erfassen könnten.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
2	Theorieteil .....	8
2.1	Kaffee als Gut .....	8
2.2	Schweiz und Kaffee.....	9
2.3	Definition von Biodiversität.....	9
2.4	Biodiversitätsverlust.....	11
2.5	Relevanz von Biodiversität beim Anbau von Kaffee.....	12
2.6	Agroforstsysteme .....	12
3	Methodik .....	14
3.1	Auswahl und Analyse der Daten.....	14
3.2	Berechnung der Verluste an Biodiversität mit Hilfe des SAR Model.....	14
3.2.1	Analyse des Einflusses des Anbaulands auf den Biodiversitätsverlust .....	15
3.2.2	Entwicklungsübersicht von der Effizienz des Kaffeeanbaus.....	15
3.2.3	Ökoregion Biodiversitätsanalyse .....	15
3.2.4	Biom Biodiversitätsanalyse.....	16
3.2.5	Schweizer Biodiversitätsverlust durch Kaffeekonsum .....	16
3.2.6	Bilanzierung eines Kaffeeherstellers .....	16
3.3	Grenzen und Einschränkungen der Analyse.....	16
4	Ergebnisse.....	18
4.1	Veränderung von Erträgen weltweit .....	18
4.2	Biodiversitätsverlust in den zehn grössten Kaffeeproduktionsländer .....	19
4.3	Artenverlust im Jahr 2021 durch die Produktion von Kaffee .....	21
4.4	Biodiversitätsverlust nach Regionen .....	21
4.5	Vergleich der Biome .....	23
4.6	Verlust durch Schweizer Konsum von Kaffee.....	24
4.7	Schweizer Kaffeehersteller .....	26
5	Diskussion.....	28
5.1	Entwicklung des Kaffeeanbaus .....	28
5.2	Vergleich der grössten Produktionsländer und Regionen .....	29
5.3	Biome.....	29
5.4	Mit Agroforstsystemen die Biodiversität fördern .....	30
5.5	Schweizer Kaffeekonsum .....	30
5.6	Kaffeehersteller der Schweiz.....	31
5.7	Kritische Reflexion der Methodik und Einschränkungen .....	31
5.8	Vorschläge für zukünftige Forschung .....	33

5.8.1	Ursache für ineffizienten Kaffeeanbau.....	33
5.8.2	Umweltauswirkungen des Kaffeeanbaus in China .....	33
5.8.3	Identifizierung weiterer Kaffeeproduktionsregionen mit geringem Artenverlust.....	33
5.8.4	Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Biodiversität .....	33
5.8.5	Bewertung des Zugangs zum Emissionshandel für Kaffeebauern und -bäuerinnen.....	33
5.8.6	Kombination Satellitenspektroskopie und SAR-Modell .....	33
6	Fazit .....	34
7	Bibliographie.....	35
8	Tabellenverzeichnis .....	40
9	Grafikverzeichnis .....	40
10	Anhang.....	42

## 2 Theorieteil

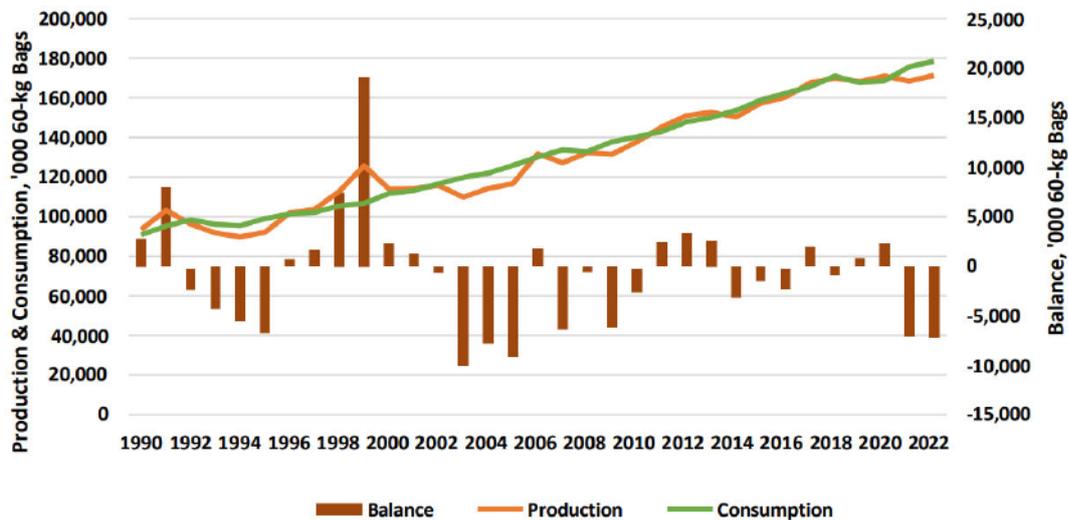
Der Theorieteil dieser Bachelorarbeit gibt einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand und die relevanten theoretischen Konzepte, um das Thema Biodiversitätsverlust im Kaffeeanbau angemessen einordnen zu können.

### 2.1 Kaffee als Gut

Kaffee wird als Kirsche von den Kaffeesträuchern geerntet und anschliessend zu Kaffeebohnen verarbeitet. Die beiden Hauptsorten sind Arabica (*Coffea arabica*) und Robusta (*Coffea canephora*). Kaffee wird hauptsächlich in Regionen rund um den Äquator angebaut, die ausreichend Niederschlag und eine Durchschnittstemperatur von etwa 20 Grad Celsius haben. Arabica-Kaffee kann in Höhenlagen von 600 bis 2300 Metern angebaut werden, während Robusta-Kaffee zwischen 200 und 900 Metern über dem Meeresspiegel gedeiht. Der Kaffeeanbau erstreckt sich über etwa 80 Länder, wobei die meisten davon in Lateinamerika, Zentral- und Ostafrika sowie Südostasien liegen. Brasilien ist der grösste Kaffeeproduzent weltweit und hat einen Anteil von etwa 40% an der globalen Kaffeeproduktion. Vietnam folgt als zweitgrösster Produzent mit einem Anteil von etwa 15% (WWF, 2020a). Etwa 70% des Kaffees werden von Kleinbauern und Bäuerinnen (20-25 Millionen) angebaut (Panhuysen & Pierrot, 2018). Traditionell wurde Kaffee unter Schattenbäumen angepflanzt, die sowohl Schutz vor schädlichen Einflüssen bieten als auch die Kaffeepflanzen vor zu viel direkter Sonneneinstrahlung bewahren. Seit den 1970er Jahren wurde jedoch vermehrt auf sonnenexponierten Anbau umgestellt, da dieser ertragreicher ist. Gerade dieser gesteigerte Ertrag führte jedoch dazu, dass die Kaffeepreise seit den 1980er Jahren kontinuierlich gesunken sind und die Anbauländer vor sozialen und wirtschaftlichen Herausforderungen stehen. Eine Massnahme, mit der in den letzten Jahren auf diese Entwicklung reagiert wurde, ist die Zertifizierung von Kaffee durch verschiedene Labels. Im Jahr 2017 waren schätzungsweise 22% der Kaffeeanbauflächen durch Labels wie den 4C-Kodex, Fairtrade, Rainforest Alliance, UTZ und Bio Produkte abgedeckt (Fairtrade, 2018; WWF, 2020a).

Der weltweite Kaffeekonsum steigt zugleich kontinuierlich weiter (siehe Grafik 1). Betrug er im Jahr 2022 166.2 Millionen Säcke (60 kg), also fast 10 Mio. Tonnen, wird für das Jahr 2023 mit einer Steigerung um 6.6 Millionen Säcke Kaffeebohnen gerechnet. Ein Grund für die erhöhte Nachfrage sind aufstrebende Wirtschaftsländer, bei denen Kaffee als Genussgetränk als Wohlstandszeichen gilt und mit einer sich vergrössernden Mittelschicht zu einem Kulturgetränk entwickelt (Ferreira & Ferreira, 2018). Während zwar über 70 Länder Kaffee produzieren, kommt jedoch annähernd 65% der Gesamtproduktion aus Brasilien, Vietnam und Indonesien. Im Jahr 2021/22 der Anteil von Arabica-Kaffee am Weltmarkt etwa 56%, während Robusta-Kaffee einen Anteil von etwa 44% ausmachte (ICO Market Report, 2023). Auch hier zeigt sich wieder, dass wenige Länder den Markt dominieren. Die drei grössten Arabica-Kaffeeproduzenten – Brasilien, Kolumbien und Äthiopien – haben zusammen einen Marktanteil

von etwa 65% des weltweiten Arabica-Kaffeeanbaus. Vietnam, Brasilien und Indonesien produzieren zusammen etwa 72% des weltweiten Robusta-Kaffees (US department of agriculture, 2022). Die Grafik 1 illustriert die globalen Produktions- und Konsumzahlen von Kaffee mit jährlichen Unterschieden von Über- und Unterversorgung des Weltmarktes.



Grafik 1: Übersicht des Konsums/Produktion des Weltmarktes (ICO market report, 2023)

## 2.2 Schweiz und Kaffee

Die Schweiz war im Jahr 2021 der sechst grösste Importeur von ungeröstetem Kaffee in Europa und der dritt grösste Exporteur von Röstkaffee (CBI, 2022). Von 2015 bis 2019 wurden durchschnittlich 166.000 ha Anbaufläche in den Produktionsländern benötigt, um den jährlichen Kaffeekonsum der Schweiz zu decken. Der grösste Anteil des Kaffeeimports in die Schweiz entfällt auf ungerösteten Kaffee mit 82% und ungerösteten entkoffeinierten Kaffee mit 6%. Somit wird Kaffee hauptsächlich ungeröstet in die Schweiz importiert, geröstet und teilweise weiterverarbeitet. Etwa 90% der Kaffeexporte aus der Schweiz sind gerösteter Kaffee. Rund 50% des importierten Kaffees wird in der Schweiz konsumiert (WWF, 2020a). Die Schweiz hat mit einem Konsum von etwa 1 % des weltweit produzierten Kaffees einen hohen Anteil, wenn man bedenkt, dass die Schweizer Bevölkerung etwa 0.1 % der Weltbevölkerung ausmacht (Swiss-Impex, 2023). Die Bewirtschaftung von Land, das für den Kaffeekonsum der Schweiz benötigt wird, verursacht neben Emissionen von CO<sub>2</sub> auch einen Biodiversitätsverlust (Philpott et al., 2008).

## 2.3 Definition von Biodiversität

Biodiversität ist als Begriff nicht eindeutig bestimmt, sodass zahlreiche Interpretationen vorliegen. Erstmals wurde 'Biodiversität' im Jahr 1986 beim "Forum on Bio-Diversity" erwähnt und hat sich 1992 durch die "Convention on Biological Diversity" als Begriff etabliert. In der Wissenschaft gibt es vier

verschiedene Definitionen von Biodiversität, die jeweils einen anderen Schwerpunkt setzen (Spree, 2020):

- Die erste bezieht sich auf die Variabilität innerhalb von Populationen sowie die gesamte genetische Vielfalt innerhalb eines Ökosystems.
- Die zweite bezieht sich auf die Anzahl der verschiedenen Arten in einem definierten Ökosystem (Artenvielfalt oder taxonomische Diversität).
- Die dritte bezieht sich auf die Anzahl der verschiedenen Ökosystemtypen in einer grösseren geografischen Region.
- Die vierte bezieht sich auf die verschiedenen Verhaltens- und Ernährungsweisen von Arten und somit indirekt auf alle Prozesse innerhalb eines Habitats/Ökosystems.

Zusammenfassend beschreibt die Biodiversität die Diversität des Lebens, das in der Beschreibung sowohl zeitlich als auch räumlich begrenzt wird und sich entweder auf einen bestimmten Zeitpunkt oder einen bestimmten Zeitraum bezieht (Beierkuhnlein, 2003). Das verbreitetste Verständnis von Biodiversität basiert auf der zweiten Auffassung, also der Anzahl der verschiedenen Arten in einem bestimmten Ökosystem (Spree, 2020). In dieser Arbeit wird Biodiversität nach dieser zweiten Auffassung behandelt.

Biodiversität hat in politischen Diskussionen zunehmend an Bedeutung gewonnen und wird immer stärker mit dem Schutz der Natur in Verbindung gebracht. Allerdings besitzt Biodiversität einen intrinsischen (eigenen) biologischen Wert, der unabhängig von menschlichen Nutzungsinteressen ist. Der menschliche Nutzen des Begriffs liegt hingegen im Bereich der Ökosystemdienstleistungen. Diese Dienstleistungen sind jedoch schwer quantifizierbar, da sie über monetäre Werte oder die Anzahl von Tieren in einem Ökosystem hinausgehen (Spree, 2020).

Die Ökosystemdienstleistungen umfassen ein grosses Spektrum unverzichtbarer, überlebenswichtiger Dienste, wie beispielsweise Wasserversorgung, Erosionsschutz, Sedimentrückhalt, Nahrungsmittelproduktion und Klimaregulierung, die für die Ökologie und Menschen gleichermaßen relevant sind. Entsprechend lag der Wert der jährlichen weltweiten Ökosystemdienstleistungen und natürlichen Ressourcen bereits 1997 zwischen 16 und 54 Billionen US-Dollar, was zu der Zeit etwa dem Doppelten bis dreifachen Wert des globalen Bruttoinlandsprodukts (BIP) entsprach. Durch die Arbeit von Costanza et al. (1997) wurde bewusst gemacht, dass die Ökosystemleistungen nicht angemessen berücksichtigt werden.

## 2.4 Biodiversitätsverlust

Der Verlust an Biodiversität, also das Schwinden der Vielfalt der lebenden Organismen in einem bestimmten Ökosystem, hat Auswirkungen auf die Umwelt und die menschliche Gesundheit (CBD, 2010). Die Hauptursachen für den Biodiversitätsverlust sind die Zerstörung und Fragmentierung von Lebensräumen, also die Verschmutzung von Luft und Wasser, der Klimawandel und die Übernutzung von Ressourcen (Halpern et al., 2012; IPBES, 2019; Schweiz & Fischlin, 2016; UNEP et al., 2010). Es wird geschätzt, dass die Rate des Artenverlustes in den letzten 50 Jahren um das zehnfach bis hundertfach höher ist als der Durchschnitt der vergangenen zehn Millionen Jahre (COP15, 2022; IPBES, 2019). Eine geringere Artenvielfalt kann das Funktionieren von Ökosystemen beeinträchtigen und deren Resilienz gefährden (Cardinale et al., 2012).

Resiliente Systeme sind solche, die sich durch Diversität an verändernde Umweltsituationen anpassen können und somit widerstandsfähiger sind. Biodiversität stellt also einen fundamentalen Baustein für Resilienz in ökologischen Systemen dar. Durch eine Vielzahl von anpassungsfähigen Arten wird sichergestellt, dass externe Einflüsse durch ein breites Spektrum an Absorptionsmechanismen abgemildert werden können. Nicht resiliente Systeme in der momentanen Welt können sich nicht an die zunehmende anthropogene Veränderung anpassen. Die natürliche Evolution hat zu wenig Zeit, sich parallel zum bestehenden anthropogenen Tempo zu entwickeln und somit sind viele Arten nicht mehr überlebensfähig (UNEP et al., 2010).

Der Verlust der Biodiversität kann zu einem Rückgang der Ökosystemdienstleistungen führen, wie z.B. der Bereitstellung von sauberem Wasser, Bodenfruchtbarkeit oder Klimaregulierung (IPBES, 2019). Dies kann wiederum Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit haben, beispielsweise durch den Verlust von Nahrungsquellen oder die Zunahme von Schädlingen und Krankheitsüberträgern (Liu et al., 2018). Daraus resultieren Ernährungsunsicherheit sowie ein gesteigertes Risiko für die Gesundheit der Menschen (Pilling & Bélanger, 2019). Um den Biodiversitätsverlust zu stoppen, sollte der Schutz und die Wiederherstellung von Ökosystemen sowie die nachhaltige Nutzung von Ressourcen gefördert werden. Eine Analyse des menschlichen Einflusses auf die Biodiversität ist dabei unerlässlich, um mit gezielten Massnahmen den Schutz der Natur zu gewährleisten (COP15, 2022).

Um international gegen den Verlust der Biodiversität vorzugehen, wurde im Jahr 2021 eine neue Überarbeitung der Convention on Biological Diversity (CBD) beschlossen, die als Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework (GBF) bekannt ist. Das GBF enthält ambitionierte Ziele zur Erhaltung der Biodiversität. Zum Beispiel besagt das Ziel A des GBF, dass die Erhaltung, Vernetzung und Resilienz aller Ökosysteme aufrechterhalten, verbessert oder wiederhergestellt werden müssen, wodurch die Fläche natürlicher Ökosysteme bis 2050 deutlich erhöht werden soll. Das Framework wurde im Oktober 2021 auf der 15. Vertragsstaatenkonferenz der CBD in Kunming, China, vorgestellt und von den

Mitgliedsstaaten (insgesamt 196 Staaten) der CBD angenommen. Am 18. Dezember 2022 wurde das GBF von den Mitgliedsstaaten unterzeichnet und trat somit in Kraft (COP15, 2022).

## 2.5 Relevanz von Biodiversität beim Anbau von Kaffee

Die Artenvielfalt spielt im Kaffeeanbau eine wichtige Rolle, insbesondere für die Bestäubung und den Erhalt von nützlichen Organismen. Arabica-Kaffee (*Coffea arabica*) ist eine selbstbefruchtende Pflanze, allerdings ist nachgewiesen worden, dass die Befruchtung durch Fremdbestäubung – hauptsächlich durch Bienen – den Obstbestand (Anzahl Kirschen pro Baum) erhöht (Klein et al., 2003). Anders als Arabica-Kaffee, ist Robusta-Kaffee (*Coffea canephora*) ausschliesslich auf Fremdbestäubung angewiesen. Dies führt zu einer grossen genetischen Diversität innerhalb der Art der *Coffea canephora* (Silva et al., 2021).

Obwohl der Kaffeeanbau von einer breiten Biodiversität profitiert, wird diese durch die gesteigerte Kaffeeproduktion beeinträchtigt. Laut der Studie von Philpott et al. (2008), leidet die Artenvielfalt von den untersuchten Taxa, Ameisen, Vögeln und Bäumen, unter der Intensivierung des Kaffeeanbaus durch nicht beschattete Anlagen. Die grösste Artenvielfalt wurde in traditionellen Kaffeeanbausystemen, mit Agroforst, beobachtet, während in anderen Anbausystemen, insbesondere in Sonnenanlagen, die Vielfalt abnahm. Der Verlust von Baumarten war jedoch in allen Anbausystemen zu beobachten. Die Beschattung durch mehrschichtige Baumkronen (tree canopy), wird von Kaffeebauern und Bäuerinnen zum Teil skeptisch betrachtet. Grund dafür ist ihre Annahme, dass es dadurch vermehrt zu Pilzkrankungen, Schädlingsproblemen und Unkrautwachstum komme. Es gibt jedoch keine klaren Beweise dafür, dass diese Probleme verstärkt werden. Entscheidend ist die Behandlung der Kultur, um die Erträge zu maximieren und festzustellen, wie Aufwandzeit und Erträge mit der Anbauart zusammenhängen.

Es steht fest, dass eine Schattenbedeckung zwischen 23% und 38% einen positiven Einfluss auf den Ertrag hat. Bis zu einer Bedeckung von 48% bleibt der Ertrag gleich hoch oder höher. Bei über 50% können die Erträge wieder abnehmen (Soto-Pinto et al., 2000). Es gibt zwar keine direkte Beziehung zwischen der Vielfalt der Schattenbäume und dem Ertrag, aber eine Erhöhung der Baumvielfalt führt nachweislich zu einer höheren Artenvielfalt bei Vögeln. Schattenbedeckung durch Bäume steigert also die Biodiversität und fördert damit nachweislich die Schädlingskontrolle und Bestäubung in Kaffeeplantagen (Philpott et al., 2008).

## 2.6 Agroforstsysteme

Agroforstsysteme werden traditionsgemäss beim Kaffeeanbau eingesetzt und gelten als effektiver und nachhaltiger Weg des Kaffeeanbaus unter veränderten Klimaverhältnissen. Die Systeme setzen sich

dabei aus Kaffeepflanzen zusammen, die unter Schattenbäumen gepflanzt werden. Dies führt zu einer Erhöhung der Biodiversität, einer Erhöhung des Kohlenstoffspeichers, einer Verbesserung des Mikroklimas und einer besseren Erosionskontrolle (Bhagwat et al., 2008; Schroth et al., 2009). Zusätzlich können die Ökosystemdienstleistungen verbessert werden. Das Mikroklima unter den Schattenbäumen sorgt für höhere Bodenfeuchte sowie niedrigere und beständigere Lufttemperaturen im Vergleich zu unbeschatteten Kaffeesystemen. Dies macht Kaffeepflanzen weniger anfällig für klimabedingte Gefahren und bietet auch Lebensräume für diverse Tier- und Pflanzenarten (Lin, 2010; Moreira et al., 2018; Souza et al., 2012).

Wie oben bereits ausgeführt, beeinträchtigen Schattengrade bis zu 50% die Kaffeeproduktivität kaum (Soto-Pinto et al., 2000). Im Gegensatz dazu kommt es in Sonnenanlagen oft zu jährlichen Schwankungen beim Blütezeitpunkt, was zu variierenden Erträgen führt. Dies kann insbesondere für Kleinbauern und Bäuerinnen ein grosses wirtschaftliches Risiko darstellen, da es Jahre gibt, die weniger ertragreich sind (Lin, 2007). Durch den Einsatz von Agroforstsystemen können die Schwankungen verringert werden, jedoch ist die Umsetzung eines solchen Systems ortsabhängig, weshalb verschiedene Faktoren zu berücksichtigen sind. Die Höhenlage und geografische Exposition müssen bewertet werden, um ein möglichst optimales Agroforstsystem einzuführen (Lin, 2007; Souza et al., 2012). Ein solches System hat den Vorteil, dass es bei korrekter Anwendung nicht zu einer Reduktion der Kaffeeproduktion führt (Moreira et al., 2018; Soto-Pinto et al., 2000). Der Umstieg auf ein Agroforstsystem ist jedoch mit finanziellen Mitteln, Wissen, Platzverbrauch, Aufwand und Zeit verbunden. Laut der Entwicklungsorganisation Solidaridad besteht aber die Möglichkeit, durch den Zugang zum Emissionshandel zusätzliches Einkommen zu generieren und es also bereits Ansätze gibt, die ökologisch vorteilhaften Agroforstsystem auch ökonomisch attraktiver zu machen. Die ökonomischen Vorteile sind hierbei enorm: Der Zugang zum Emissionshandel kann für die Kaffeebauern und Bäuerinnen zwischen 20% und 60% höheres Einkommen generieren (Solidaridad, 2022).

Ein Beispiel aus der Praxis findet sich in Brasilien. Dort führten in den 90er Jahren Bauernfamilien in Minas Gerais mit der Unterstützung einer NGO und der Federal University of Viçosa partizipative Methoden ein, um Agroforstsysteme zu schaffen und dadurch die Biodiversität und Bodenqualität zu verbessern. Dank der langjährigen Erfahrung dieser Bauern konnten dabei die optimalen Baumarten für den Mischanbau identifiziert werden (Cardoso et al., 2001). Agroforstsysteme haben viele Verbesserungen gezeigt: Neben der natürlichen Schädlingsunterdrückung, einer erhöhten Bodenqualität und Biodiversität (Duarte et al., 2018), konnte auch die Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion sowie eine optimalere Regulierung des Klimas festgestellt werden (Gomes et al., 2020; Souza et al., 2012). Diese Ergebnisse unterstreichen das Potenzial von Kaffee-Agroforstsystemen.

## 3 Methodik

Dieser Abschnitt beschreibt die Vorgehensweise und Methoden, die bei der Durchführung dieser Studie verwendet wurden. Durch eine detaillierte Dokumentation der methodischen Ansätze, wird die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.

### 3.1 Auswahl und Analyse der Daten

Im Rahmen dieser Studie wird der aus dem Kaffeebohnenanbau resultierende Biodiversitätsverlust der zehn grössten Kaffee produzierenden Länder untersucht. Dabei werden Daten verwendet, die auf international anerkannten Quellen wie beispielsweise der Food and Agriculture Organization (FAO) basieren. Diese Daten geben die Erntemenge pro Hektar in Tonnen an. Mithilfe des Land-Arten-Flächenbeziehungsmodells (SAR) und der Erträge pro Fläche wird der potenzielle Artenverlust pro Kilogramm Kaffee (Potential Species Loss/kg Coffee (PSL)/kg Coffee und Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Coffee) berechnet (Chaudhary & Brooks, 2018). Um die Wirksamkeit der länderspezifischen Charakterisierungsfaktoren für Kaffee (CF) zu überprüfen, werden Daten von Swissimpex verwendet, die vom Bundesamt für Zoll und Grenzsicherheit stammen. Diese Daten ermöglichen zusätzlich die Analyse des Kaffeekonsums in der Schweiz. Zudem werden die Einkaufsdaten eines Schweizer Kaffeeherstellers, der anonym bleiben möchte, bilanziert und mit dem Kaffeemix der Schweiz und dem Weltkaffeemix verglichen. Somit untersucht die Studie nicht nur die Folgen des Kaffeeanbaus für die Biodiversität verschiedener Produktionsländer, sondern bezieht zugleich den Konsum von Kaffee in der Schweiz in die Analyse mit ein.

### 3.2 Berechnung der Verluste an Biodiversität mit Hilfe des SAR Model

Um festzustellen, welche Unterschiede es bei der Produktion von Kaffee gibt, wurde diese Studie quantitativ durchgeführt. Induktiv soll die Studie den Einfluss des Kaffeeanbaus auf die Biodiversität quantifizieren. Um Unterschiede zu berechnen, wurde mit dem Land-Arten-Flächenbeziehung-Modell (SAR) gearbeitet. Das Modell verwendet die Beziehung zwischen der Fläche und den darauf lebenden Arten, wodurch 804 verschiedene Ökosysteme differenziert werden. Jede einzelne Ökoregion hat ihre eigene Vulnerabilitätsbewertung, die auf der Fläche, dem Artenreichtum und der Bedrohungsstufe basiert. Die Vulnerabilitätswerte werden mit dem vorhergesagten Artenverlust gemäss SAR multipliziert, um das potenzielle globale Aussterben pro Landnutzungseinheit abzuschätzen. Dies ergibt einen Artenverlustwert pro  $m^2$  (Chaudhary & Brooks, 2018). In diesem Modell wurden sechs Landnutzungstypen (bewirtschaftete Wälder, Plantagen, Weiden, Ackerland und Stadt) in drei Intensitätsstufen (minimale, leichte und intensive Nutzung) unterteilt. Der Kaffeeanbau wurde dabei dem Ackerland mit minimaler Nutzung zugeordnet. Um länderspezifische Charakterisierungsfaktoren (CF) für den Kaffeebezug zu erhalten, wurden von den zehn grössten Kaffeeproduzenten (basierend auf dem Durchschnitt der

Produktion von 2010 bis 2020), die je fünf grössten Kaffeeanbaugebiete identifiziert (FAO, 2023). Mithilfe der Datenbank "WWF Terrestrial Ecoregions of the World" wurden die Ökoregionen bestimmt, in denen der Kaffee angebaut wird (WWF, 2023b). Der ermittelte Wert pro Quadratmeter Ackerland mit minimaler Nutzung pro Taxon wurde daraufhin mit dem durchschnittlichen Ertrag pro Hektar multipliziert. Um den Artenverlust pro Kilogramm Kaffee zu berechnen, wurden die durchschnittlichen Ertragsdaten der FAO für den Zeitraum von 2010 bis 2020 verwendet (FAO, 2021).

### 3.2.1 Analyse des Einflusses des Anbaulands auf den Biodiversitätsverlust

Um die Anbauländer miteinander zu vergleichen, wurden die durchschnittlichen Ertragswerte von 2010 bis 2020, basierend auf den Daten der FAO, mit den aggregierten minimalen Ackerland-Intensitätsstufen des SAR-Modells multipliziert. Dafür wurden die fünf grössten Produktionsregionen pro Land identifiziert und anschliessend der Mittelwert der aggregierten minimalen Ackerland-Intensitätsstufen mit dem SAR-Modell berechnet. Das Ergebnis ist in der Einheit Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Coffee und steht für den Anteil an der globalen Biodiversität.

$$m^2/kg \text{ Kaffee} * PDF/m^2 = PDF/kg \text{ Kaffee}$$

### 3.2.2 Entwicklungsübersicht von der Effizienz des Kaffeeanbaus

Unter Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte der Kaffeeproduktionsländer kann die Effizienz des Kaffeeanbaus im Laufe der Zeit analysiert werden. Indem die Ertragsdaten, die von der Food and Agriculture Organisation (FAO) online verfügbar sind, untersucht werden, kann der Unterschied zwischen den Erträgen von 1961 bis 1971 und denen von 2010 bis 2020 aufgezeigt werden. Um diesen Vergleich herzustellen, wird die durchschnittliche Abweichung der Erträge von 1961 bis 1971 zu den Erträgen von 2010 bis 2020, in Tonnen pro Hektar (t/ha) auf einer Weltkarte durch einen Farbverlauf dargestellt. Dadurch wird deutlich, wie sich die Ertragsentwicklung über die Jahre verändert hat und welche Regionen effizienter oder weniger effizient im Kaffeeanbau geworden sind.

### 3.2.3 Ökoregion Biodiversitätsanalyse

Für eine genauere Lokalisierung des Biodiversitätsverlusts, den ein Land beim Anbau von Kaffee verursacht, werden die Potential Species Loss (PSL)/kg Coffee berechnet. Dies geschieht, indem die Flächenenerträge für ein Kilogramm Kaffeeertrag der FAO, mit der PSL/m<sup>2</sup> multipliziert werden. Dieser Vorgang wird mit jedem Taxon pro Region gemacht.

$$m^2/kg \text{ Kaffee} * PSL/m^2 = PSL/kg \text{ Kaffee}$$

Um alle Regionen untereinander vergleichbar zu machen, wurde mit einem Balkendiagramm gearbeitet. Dies ermöglicht den Vergleich aller Regionen, auch jene von verschiedenen Ländern.

### 3.2.4 Biom Biodiversitätsanalyse

Die Ökoregionen sind in der Studie in 14 verschiedene Biome unterteilt, die ähnliche klimatische Bedingungen, Vegetationstypen und Tierarten aufweisen. Um festzustellen, ob die Biome der Kaffeebauregionen unterschiedliche Disappeared Fraction (PDF)/kg Coffee vorweisen, wurden die durchschnittlichen Werte der Biome miteinander verglichen.

$$m^2/kg \text{ Kaffee} * PDF/m^2 = PDF/kg \text{ Kaffee}$$

Dadurch sollen jene Biome bestimmt werden, in denen Kaffee mit geringerem Biodiversitätsverlust angebaut wird.

### 3.2.5 Schweizer Biodiversitätsverlust durch Kaffeekonsum

Der Einfluss der Schweiz auf die Biodiversität wird anhand von Daten von Swissimpex berechnet, die Import- und Exportdaten für die Schweiz zur Verfügung stellen. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Daten keine Informationen darüber liefern, wohin der importierte Kaffee nach der Verarbeitung exportiert wird. Somit ist nicht nachverfolgbar, welcher Kaffee in der Schweiz konsumiert wird und welcher wieder aus der Schweiz exportiert wird. Daher werden zwei Annahmen gemacht, um den Einfluss der Schweiz auf die Biodiversität abzuschätzen.

Erstens wird angenommen, dass die Schweiz den importierten Kaffee entsprechend dem Anteil der weltweiten Kaffeeproduktion konsumiert. Zweitens wird angenommen, dass die Schweiz den gleichen Produktionsmix konsumiert, den sie importiert.

### 3.2.6 Bilanzierung eines Kaffeeherstellers

Ein Schweizer Kaffeehersteller, der in dieser Studie anonym bleiben möchte, stellte prozentuale Daten seines Kaffeekaufs zur Verfügung, um den potentiellen Biodiversitätsverlust zu berechnen. Der Kaffeemix des Herstellers wurde in Potential Species Loss (PSL)/kg Kaffee berechnet. Dabei wurden der Schweizer Importmix und der Weltkaffee-Mix als Referenzwerte verwendet.

## 3.3 Grenzen und Einschränkungen der Analyse

Um die Studie abzugrenzen, wurden die Zeiträume von 1961 bis 1971 und 2010 bis 2020 als Grundlage für den Vergleich der Erträge pro Hektar gewählt. Die Wahl des Jahres 1961 ist ausserdem dadurch begründet, dass die Daten der FAO bis dahin zurückgehen. Die gesetzte Zeitspanne ermöglicht das Erfassen von Veränderungen im Kaffeeanbau im Laufe der Zeit. Zusätzlich werden die durchschnittlichen Hektarerträge von 2010 bis 2020 verwendet, um den Potential Species Loss (PSL)/kg Coffee und Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Coffee, zu berechnen. Dadurch können Unterschiede zwischen den Anbauländern hinsichtlich ihrer Effizienz und dem damit verbundenen Biodiversitätsverlust

aufgezeigt werden. Die Spannweite von 10 Jahren für die Berechnung der durchschnittlichen Hektarerträge wurde gewählt, um einzelne Ausreisser in der Ertragsmengen auszugleichen.

Die Analyse der Biome konzentriert sich auf vierzehn verschiedene Biome, um den Einfluss des Ökosystems auf die Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Coffee zu untersuchen. Dabei werden die Biome identifiziert, die einen höheren oder niedrigeren PDF pro Kilogramm Kaffee vorweisen. Die Art der Biome der Anbauggebiete kommen nicht in gleicher Menge vor. In den fünf grössten Anbauregionen der zehn grössten Anbauländer, gibt es Biome, die weniger oft als Kaffeeanbaugbiet vorkommen als andere und somit ausreisseranfällig sind. Ziel ist es, mögliche Empfehlungen für Anbauggebiete zu geben, die hohe Erträge erzielen und gleichzeitig den Artenverlust minimieren wollen.

Ein weiterer Teil der Arbeit ist die Untersuchung der Rolle von Agroforstsystemen und deren Beitrag zur Reduzierung des Biodiversitätsverlusts. Es wird hauptsächlich im Literaturteil darauf eingegangen, wie Agroforstsysteme implementiert werden können, um den Anbau nachhaltiger und widerstandsfähiger zu gestalten, und damit gleichzeitig Lebensraum für verschiedene Taxa zu schaffen, ohne die Erträge zu verringern.

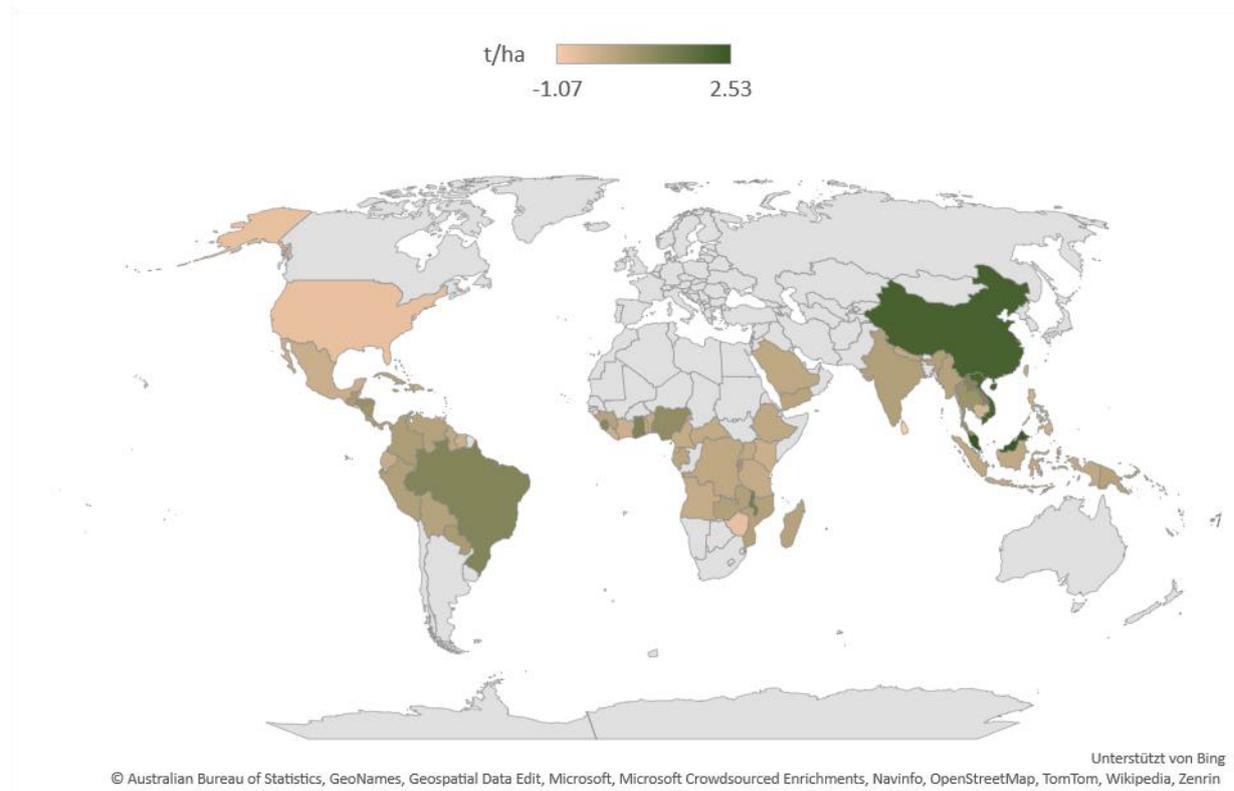
Um die Umsetzbarkeit der vorgeschlagenen Massnahmen zu bewerten, sind weitere Studien und Untersuchungen notwendig. Durch die Abgrenzung der Studie auf den Einfluss des Anbaulands und die Betrachtung verschiedener Aspekte wie Hektarerträge, Biome und Regionen wird aber ein umfassender Rahmen geschaffen, um den Zusammenhang zwischen dem Kaffeeanbau und dem Biodiversitätsverlust zu untersuchen und nachhaltige Lösungsansätze und Empfehlungen für die Produktion und den Konsum von Kaffee aufzuzeigen.

## 4 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse zur Kaffeeproduktion und zum Kaffeekonsum behandelt. Es erfolgt eine Betrachtung der globalen Entwicklung des Kaffeeanbaus, wobei auch länderspezifische Berechnungen sowie regionale und biome-spezifische Untersuchungen berücksichtigt werden. Abschliessend werden sowohl die Schweiz im Allgemeinen als auch spezifisch ein Schweizer Kaffeehersteller in Bezug auf ihren Kaffeekonsum bilanziert.

### 4.1 Veränderung von Erträgen weltweit

Um ein Bild davon zu bekommen, wie sich die Produktion von Kaffee seit 1961 verändert hat, werden die Durchschnittskaffeeerträge in Tonnen pro Hektare von 1961 bis 1971 und die Erträge von 2010 bis 2020 verglichen. Die Datengrundlage sind die Daten über Kaffeeerträge der FAO.



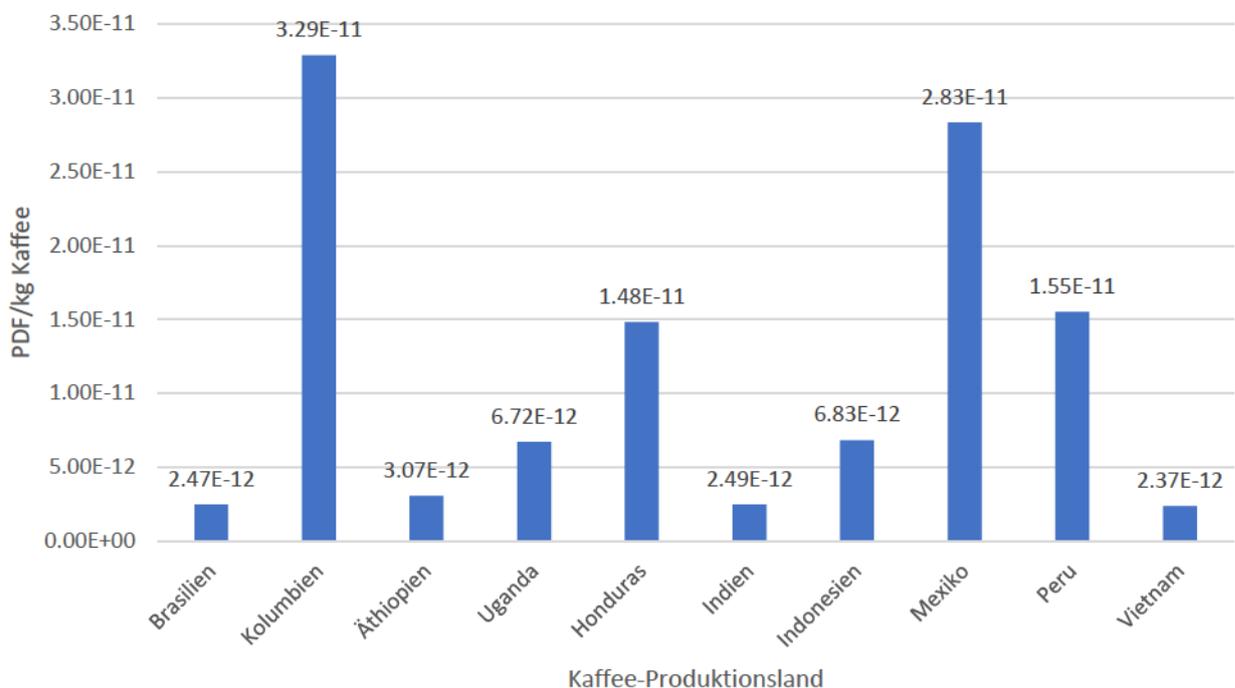
*Grafik 2: Die Karte zeigt die Veränderung der Erträge in Tonnen pro Hektare, von 1961 bis 1971 verglichen mit den durchschnittlichen Erträgen von 2010 bis 2020. Auf der Karte ersichtlich sind nur diejenigen Länder, die diese Daten seit 1961 erhoben haben.*

Aus der Karte in Grafik 2, ist ersichtlich, dass speziell China (2.24 t), Vietnam (2.2 t), und Malaysia (2.53 t) mehr Kaffee pro Hektare ernten konnten. Brasilien als grösster Produzent von Kaffee konnte im Durchschnitt die Erträge um 1.089 Tonnen pro Hektare erhöhen. Es ist jedoch aus den Daten nicht ersichtlich, wie diese Effizienzsteigerung zustande kommt. Bei einigen Länder verzeichnen die Daten

einen Rückgang in der Ertragsmenge. So weisen die USA (-0.77 t), Mexiko (-0.21 t), Sri Lanka (-1.07 t) und Simbabwe (-0.76 t) Ertragsreduktionen pro Hektare aus. Zu beachten ist, dass nicht alle Kaffeeproduktionsländer ihre Ertragsdaten seit 1961 erhoben haben und somit in dieser Grafik nicht berücksichtigt werden.

#### 4.2 Biodiversitätsverlust in den zehn grössten Kaffeeproduktionsländer

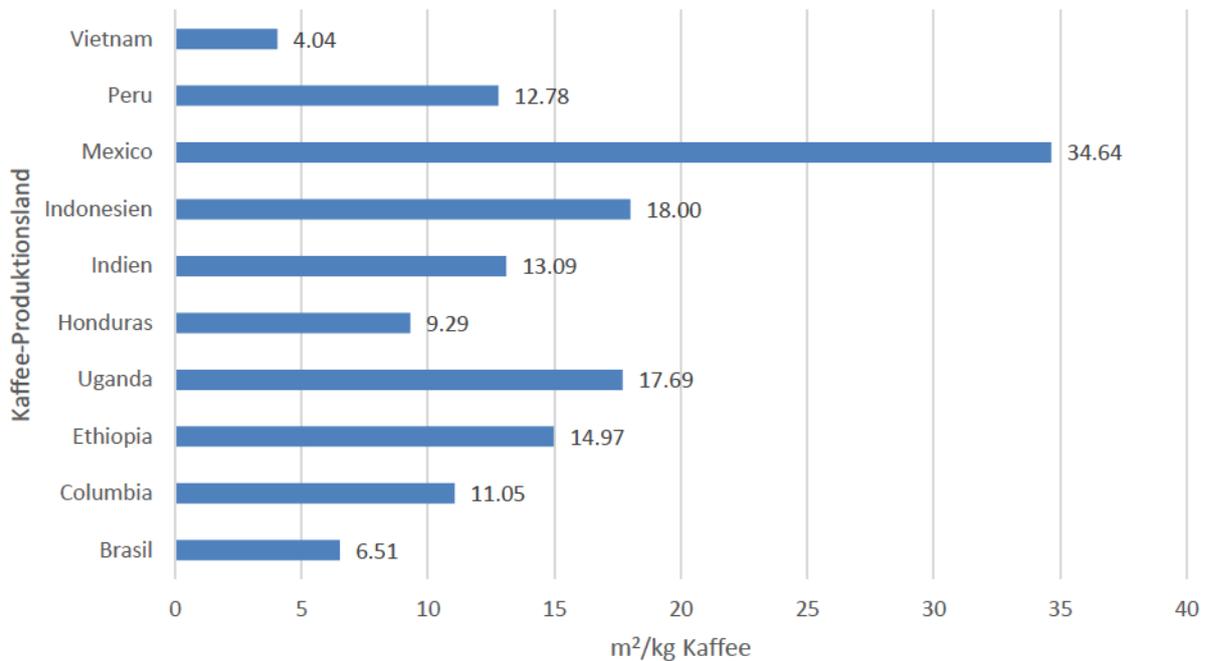
Zur quantitativen Analyse des Biodiversitätsverlusts in der Kaffeeproduktion wurde der "Aggregated Value" der "Occupation Cropland Minimal Use" herangezogen. Es wurden die fünf grössten Regionen pro Produktionsland betrachtet und ihr Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Kaffee berechnet. Dabei wurden die jeweiligen Regionen gleich gewichtet, unabhängig von ihrem Anteil an der Gesamtproduktion des Landes. Mit dieser Vorgehensweise wurden die einzelnen Kaffeeproduktionsländer miteinander verglichen, um die Forschungsfrage – «Wie beeinflusst das Anbauland den Biodiversitätsverlust pro kg Kaffeebohnen und welche ökologischen Auswirkungen hat der Kaffeeanbau in verschiedenen Regionen auf die Artenvielfalt?» –, zu beantworten und Rückschlüsse auf den Biodiversitätsverlust in der Kaffeindustrie zu ziehen.



Grafik 3: Die Grafik zeigt den Vergleich der zehn grössten Kaffeeproduktionsländer (Landes-Produktionsdurchschnitt von 2010 bis 2020 (FAO, 2021)) in Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Coffee. PDF ist der Anteil vom weltweiten gesamten Biodiversitätsverlust (Chaudhary & Brooks, 2018).

In Grafik 3, werden die zehn grössten Kaffeeproduktionsländer verglichen, es werden deutliche Unterschiede im Potential Disappeared Fraction (PDF) sichtbar. Kolumbien und Mexiko fallen mit einem PDF

von 3.29 E-11 bzw. 2.84 E-11 pro Kilogramm Kaffee, besonders auf Brasilien (2.47 E-12), Äthiopien (3.07 E-11), Indien (2.49 E-12) und Vietnam (2.37 E-11) hingegen weisen im Vergleich zu den anderen Ländern einen geringeren Verlust auf. Wenn man den Kaffee aus Brasilien, mit dem von Kolumbien vergleicht, kommt man auf einen 13.3 mal grösseren PDF/kg Kaffee.

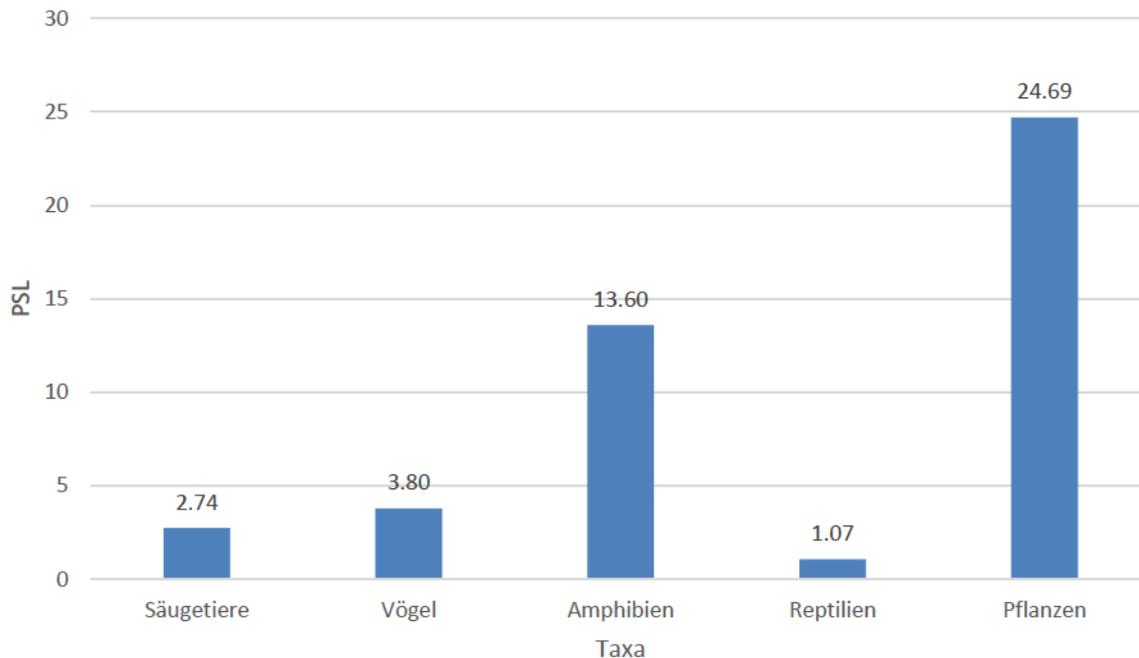


Grafik 4: Auf der Grafik erkennbar sind die Anzahl an Quadratmetern (m<sup>2</sup>), die benötigt werden, um in den zehn grössten Kaffeeproduktionsländern ein Kilogramm Kaffee herzustellen (Landes-Produktionsdurchschnitt von 2010 bis 2020 (FAO, 2021)).

Beim Vergleich der Flächen, die zur Herstellung eines Kilogramms Kaffee benötigt werden, zeigen sich deutliche Unterschiede von bis zu 30.6 m<sup>2</sup> zwischen den effizientesten und ineffizientesten Ländern. Durchschnittlich benötigen die verglichenen, zehn grössten Anbauländer 14.21 m<sup>2</sup>/kg Kaffee. Vietnam war mit einem Anteil von 17% zweitgrösster Produzent in der globalen Produktion im Jahr 2020 und benötigt mit 4.04 m<sup>2</sup> im Vergleich mit den neun anderen Ländern am wenigsten Land. Mexiko sticht mit 34.64 m<sup>2</sup> hervor. Im Vergleich zu Vietnam zeigt sich, dass in Mexiko angebaute Kaffee im Durchschnitt 8.6-mal mehr Fläche als derjenige in Vietnam benötigt. Brasilien, mit einem Anteil von 37% an der globalen Produktion im Jahr 2021, benötigt 6.51 m<sup>2</sup> Land für ein Kilogramm Kaffee. In Brasilien wird also 5.32-mal weniger Landfläche für die Produktion von einem Kilogramm Kaffee benötigt als in Mexiko.

### 4.3 Artenverlust im Jahr 2021 durch die Produktion von Kaffee

Um festzustellen, wie hoch der Artenverlust durch die Produktion von Kaffee ist, wurde der Biodiversitätsverlust der zehn grössten Produzenten von Kaffee errechnet. Diese betragen laut Daten der ICO 89% der Weltweitenproduktion. Für die restlichen 11% wurde der durchschnittliche, gewichtete Biodiversitätsverlust der zehn grössten Produktionsländer angenommen.

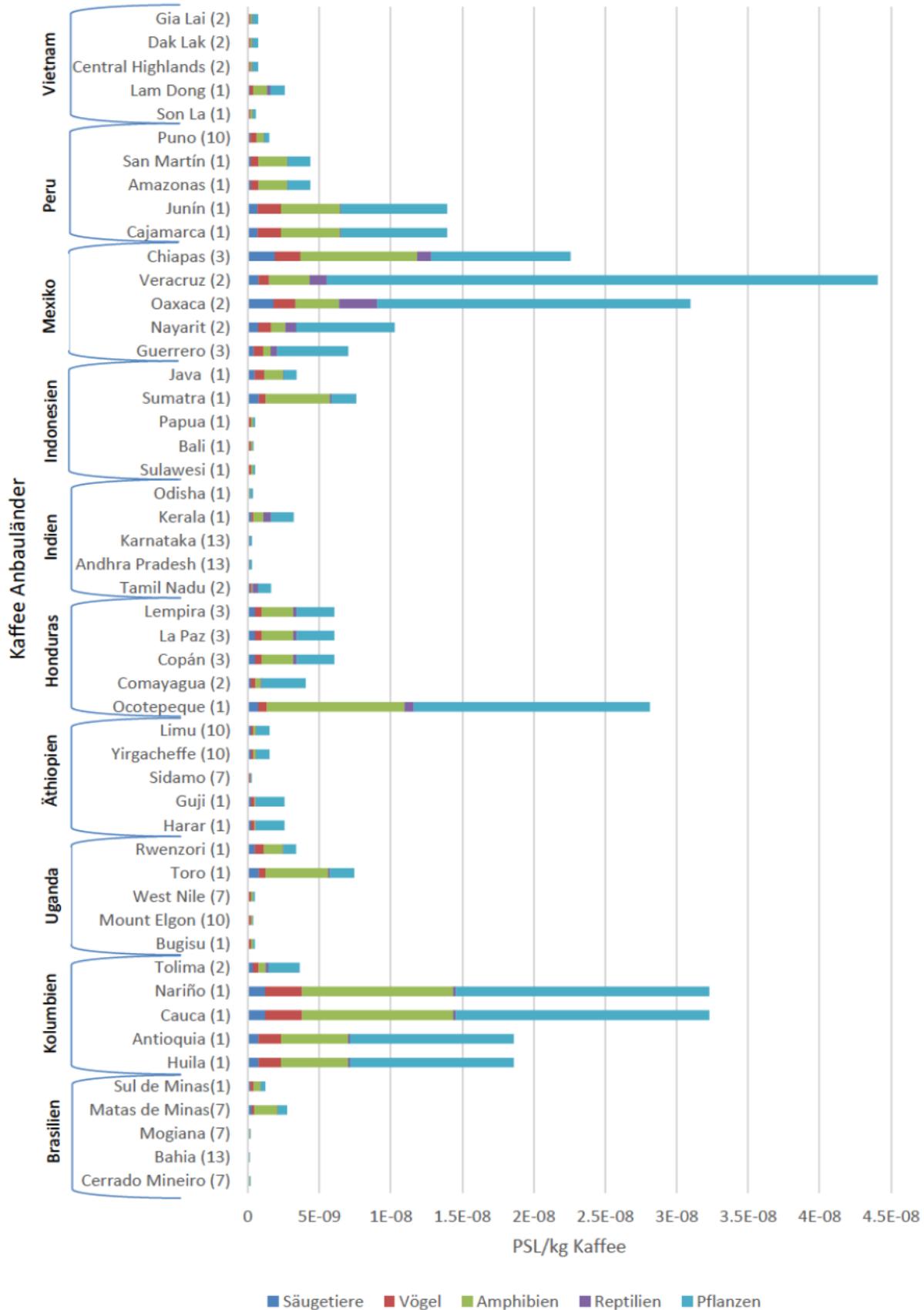


Grafik 5: Auf der Grafik erkennbar ist der Potential Species Loss (PSL), der pro Taxa weltweit durch den Anbau von Kaffee im Jahr 2021 verursacht wurde.

Zu sehen ist die Berechnung der Anzahl Arten, die im Jahr 2021 durch die Produktion von Kaffee verloren gingen. Auf der x-Achse ist der Artenverlust nach Taxa aufgeteilt. Es ist ersichtlich, dass der Artenverlust bei den Pflanzen am höchsten ist. Laut den Berechnungen dieser Studie sterben potenziell 2.74 Säugetierarten, 3.80 Vogelarten, 13.60 Amphibien, 1.07 Reptilien und 24.69 Pflanzenarten durch den Anbau von Kaffee aus. Insgesamt ergibt das ein Verlust von 45.9 Arten pro Jahr.

### 4.4 Biodiversitätsverlust nach Regionen

Um den potenziellen Biodiversitätsverlust in verschiedenen Regionen zu ermitteln, wurde der Verlust pro Taxa regional analysiert. Dadurch konnte festgestellt werden, in welchen Regionen der Verlust an Artenvielfalt grösser ist und ein Vergleich zwischen den Regionen und den jeweiligen Biomen gezogen werden. Damit ist eine differenziertere Analyse des Verlustes gewährleistet.



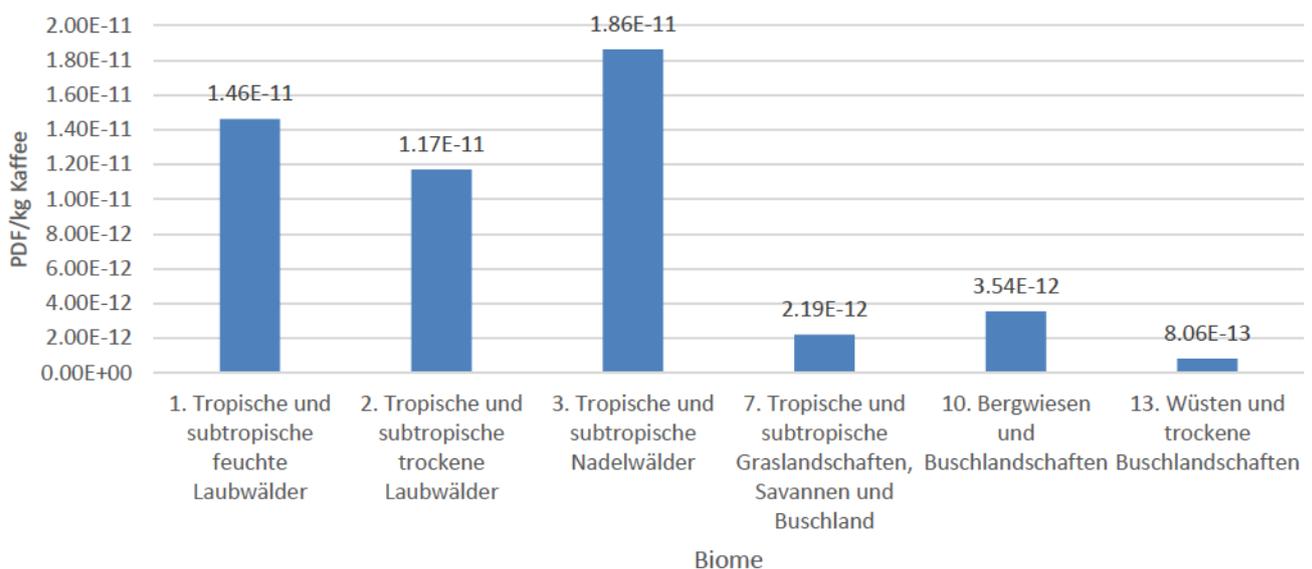
Grafik 6: ~~Auf~~In der Grafik werden die fünf grössten Anbauregionen von Kaffee pro Anbauland mit dem Potential Species Loss PSL/kg Coffee, verglichen. Farbige dargestellt sind die Anteile der Taxa und in den Klammern sind die Nummern der Biome.

In der Grafik 6 werden die potenziellen Artenverluste pro Kilogramm Kaffee für die je fünf grössten Regionen der zehn grössten Kaffeeproduktionsländer dargestellt. Mexiko und Kolumbien weisen im Vergleich zu den anderen Produktionsländern in allen Regionen einen hohen potenziellen Artenverlust pro Kilogramm Kaffee auf. Im Falle von Honduras sticht insbesondere Ocatepeque hervor, das im Vergleich zu anderen Regionen des Landes einen erhöhten potenziellen Artenverlust pro Kilogramm Kaffee aufweist. Zudem ist aus der Grafik ersichtlich, dass Pflanzen und Amphibien die am stärksten betroffenen Taxa sind.

Ebenfalls erkennbar ist, dass Kolumbien in vier Regionen (Narino, Cauca, Antioquia und Huila) einen hohen Biodiversitätsverlust aufweist, wobei alle Regionen zu Biom 1 (tropische und subtropische feuchte Laubwälder) zählen. In Tolima, das ebenfalls eine Region Kolumbiens ist, ist der Potential Species Loss/kg Kaffee im Gegensatz zu den anderen vier Regionen geringer. Diese Region liegt in der Biom Kategorie 2 (tropische und subtropische trockene Laubwälder).

#### 4.5 Vergleich der Biome

Um festzustellen, ob in den verschiedenen Biomen, in denen Kaffee angebaut wird, die Biodiversitätsverluste unterschiedlich ausfallen, wurden die Biome der Kaffeeregionen innerhalb der zehn grössten Produktionsländer analysiert. Pro Biom wurde der Mittelwert berechnet.

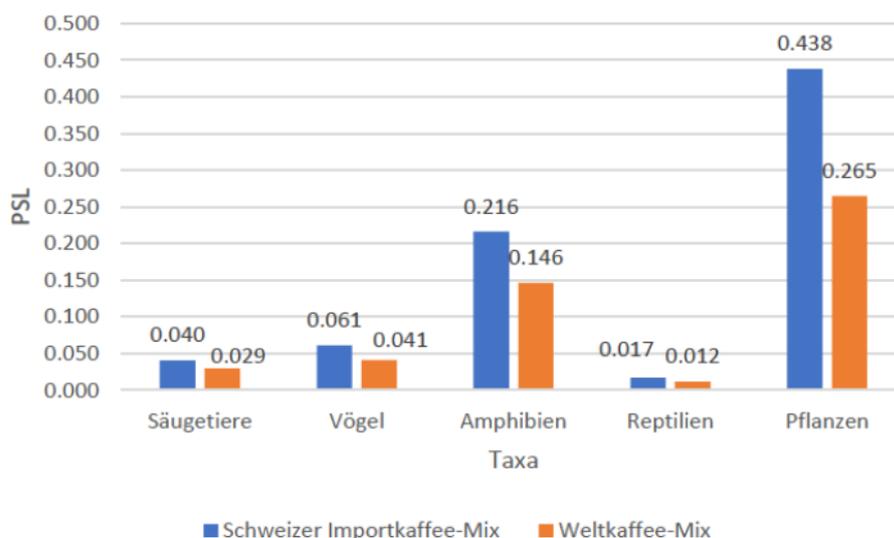


Grafik 7: Durchschnittliches Potential Disappeared Fraction (PDF) pro Kilogramm Kaffee der Biome, in denen Kaffee angebaut wird.

Die jeweiligen Biom-Kategorien unterschieden sich bezüglich ihrer durchschnittlichen Biodiversitätsverluste. Die Biome der Kategorien 1. (tropische und subtropische feuchte Laubwälder), 2 (tropische und subtropische trockene Laubwälder) und 3 (tropische und subtropische Nadelwälder), weisen einen deutlicheren höheren PDF-Faktor vor als die Biome der Kategorien 7 (tropische und subtropische Graslandschaften, Savannen und Buschland), 10 (Bergwiesen und Buschlandschaften) und 13 (Wüsten und trockene Buschlandschaften). In all diesen Biomen wird Kaffee angebaut, wobei das Biom der Kategorie 1 mit Abstand am meisten für die Kaffeeproduktion benutzt wird. Der direkte Vergleich der beiden Kategorien 3 und 13 ergibt eine 23.1-fachen höheren durchschnittlichen PDF/kg Coffee in tropischen und subtropischen Nadelwäldern als in der Wüste und in trockenen Buschlandschaften. Wenn man Biom 1, das am häufigsten im Kaffeeanbau vorkommt, mit Biom 7, das in Brasilien dominiert, vergleicht, kommt man auf einen 6.67 mal höheren PDF/kg Coffee Verlust in Biom 1 als in Biom 7.

#### 4.6 Verlust durch Schweizer Konsum von Kaffee

Durch die Analyse der Import- und Exportdaten von Swissimplex in der Schweiz konnte der schweizerische Kaffeekonsum ermittelt werden. Um den Konsum der Schweizer Bevölkerung abzuschätzen, wird angenommen, dass der Kaffee, der in die Schweiz importiert wird, in gleicher Zusammensetzung exportiert wird. Zur Vergleichbarkeit wird der Konsum auch anhand des weltweiten Kaffee-Produktionsmixes berechnet, um festzustellen, inwieweit der schweizerische Konsum von der durchschnittlichen Weltproduktion abweicht.



Grafik 8: In dieser Grafik wird der Schweizer Potential Species Loss (PSL) durch den Konsum von Kaffee dargestellt. Der PSL ist dabei in fünf verschiedene Taxa unterteilt. Es gibt zwei Berechnungsmethoden: Einmal basierend auf dem Weltproduktionsdurchschnitt und einmal basierend auf dem Schweizer Kaffee-Importanteilen.

Der Gesamtkonsum in der Schweiz, basierend auf dem Weltkaffee-Mix, führt zu einem potenziellen Artenverlust von insgesamt 0.49 Arten, während der Importmix der Schweiz einen Verlust von 0.77 Arten verursacht. Der Vergleich der beiden Mixe zeigt, dass die Pflanzen des Schweizer Import-Mix, 65% höhere potenzielle Verluste vorweisen als der Weltkaffee-Mix. Die übrigen vier Taxa zeigen prozentuale Unterschiede von 49% bei Vögeln, 48% bei Amphibien, 46% bei Reptilien und 36% bei Säugtieren. Insgesamt verursacht der Schweizer Importkaffee-Mix einen 57% PSL/kg Kaffee. Die schweizerische Bevölkerung macht etwa 0.1% der Weltbevölkerung aus. Wenn alle Menschen auf der Welt (8'084'213'005, Stand 20.05.2023) so viel Kaffee konsumieren würden wie die Schweizer Bevölkerung (8'738'791, Stand 31.12.2021), würde das einem potentiellen Artenverlust von 455 Arten beim Weltkaffeemix und 713 Arten beim Schweizer Importkaffee-Mix pro Jahr entsprechen.

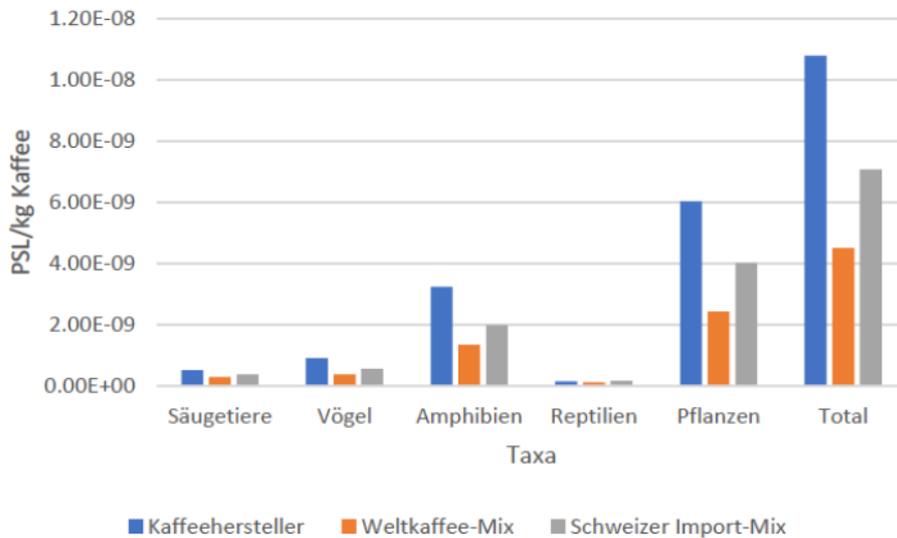
*Tabelle 1: Schweizer Importkaffee-Mix, Weltkaffee-Mix und die Abweichung vom Schweizer-Mix zum Weltkaffee-Mix (ICO Market Report, 2023; Swiss-Impex, 2023).*

<b>Schweiz Mix</b>	<b>Schweizerimport- Mix</b>	<b>Weltkaffee-Mix</b>	<b>Abweichung der Schweiz vom Weltkaffee-Mix</b>
Brasilien	23.9%	37.4%	-13.4%
Vietnam	7.5%	17.1%	-9.6%
Andere Länder	28.2%	10.8%	17.4%
Kolumbien	15.4%	8.4%	7.0%
Indonesien	2.1%	7.0%	-5.0%
Äthiopien	4.9%	4.3%	0.6%
Honduras	4.3%	3.6%	0.7%
Indien	6.7%	3.4%	3.3%
Uganda	1.7%	3.3%	-1.6%
Mexiko	2.7%	2.4%	0.3%
Peru	2.5%	2.2%	0.3%

Es ist ersichtlich (siehe Tabelle 1), dass in der Schweiz weniger Kaffee von Brasilien (-13.4%), Vietnam (-9.6%) und Indonesien (-5 %) konsumiert wird. Im Gegensatz dazu zeigt sich, dass in der Schweiz ein erhöhter Konsum von Kaffee aus anderen Ländern zu verzeichnen ist (+17 %), die in dieser Studie nicht analysiert wurden, sondern anhand des Durchschnitts der zehn führenden Kaffeeproduzenten angenommen werden. Zudem zeigt sich ein Anstieg des Kaffeekonsums aus Kolumbien (+7%) und Indien (+3,3%).

## 4.7 Schweizer Kaffeehersteller

Um die berechneten, länderspezifischen Charakterisierungsfaktoren (CF) für Kaffee anzuwenden, werden die Einkaufsanteile eines anonymen Kaffeeherstellers der Schweiz bilanziert.



Grafik 9: Die Grafik zeigt den Potential Species Loss pro Kilogramm Kaffee, aufgeteilt in Taxa, sowie den totalen PSL aller Taxa, aufgeteilt in Kaffeehersteller, Weltdurchschnitt und Schweizer Import-Mix.

Aus der Grafik ist zu erkennen, dass der Kaffeehersteller aus der Schweiz im Vergleich zum weltweiten Durchschnitt bei allen Taxa einen höheren potenziellen Biodiversitätsverlust aufweist. Lediglich bei den Reptilien liegt der Schweizer Kaffeehersteller unterhalb des Durchschnitts des schweizerischen Importmix. Insgesamt zeigt die Studie, dass der Kaffee des Schweizer Kaffeeherstellers im Vergleich zum weltweiten Durchschnitt einen 2.39-fach höheren potenziellen Biodiversitätsverlust verursacht und einen 1.53-fach höheren als der schweizerische Importmix.

*Tabelle 2: Aufgeführt sind die Anteile des Einkaufs vom Schweizer Kaffeehersteller, der Anteil der Länder an der Weltproduktion (ICO Market Report, 2023) sowie die Differenz zwischen den beiden Anteilwerten.*

<b>Land</b>	<b>Anteile des Herstellers</b>	<b>Weltproduktion</b>	<b>Differenz</b>
Brasilien	15.4%	37.4%	-22.0%
Kolumbien	31.0%	8.4%	22.6%
Costa Rica	3.5%	-	-
Guatemala	24.7%	-	-
Honduras	8.3%	3.6%	4.7%
Kenia	0.3%	-	-
Peru	16.2%	2.2%	14.0%
Uganda	0.5%	3.3%	-2.8%

Der Schweizer Kaffeehersteller bezieht 15.4% seines Kaffees aus Brasilien, was 22 % unter dem Welt-durchschnitt liegt. Hingegen stammt 31% seines Kaffees aus Kolumbien und 16.2% aus Peru, was 22.6% bzw. 14% über dem Welt-durchschnitt liegt. Der Kaffeebezug aus Honduras liegt 4.7% über dem Welt-durchschnitt, während er bei Uganda 2.8% darunter liegt.

## 5 Diskussion

In diesem Abschnitt geht es darum, neues Wissen zu interpretieren, kritisch zu bewerten und in den entsprechenden Kontext einzuordnen. Dabei werden auch mögliche weiterführende Forschungsfragen aufgeworfen, die zukünftige Studien dazu anregen sollen, das Verständnis über den Kaffeeanbau weiter zu vertiefen und zu erweitern.

### 5.1 Entwicklung des Kaffeeanbaus

Im globalen Vergleich der Kaffeeproduktion innerhalb der beiden Zeiträume von 1961 bis 1971 und 2010 bis 2020 fällt auf, dass Brasilien und Vietnam – die beiden grössten Kaffeeproduzenten – eine Steigerung der Erträge pro Hektar verzeichnen. Diese gesteigerte Effizienz im Anbau ist erforderlich, um der kontinuierlich wachsenden, weltweiten Nachfrage nach Kaffee nachzukommen. Jedoch ist wichtig, bei dieser Intensivierung auch die Auswirkungen des Klimawandels zu beachten, da extreme Wetterereignisse und Temperaturschwankungen einen erheblichen Einfluss auf die Kaffeeernte haben. Eine Möglichkeit, diese Intensivierung nachhaltiger und widerstandsfähiger zu gestalten, besteht darin, Agroforstsysteme einzusetzen, die auch die Biodiversität auf den Plantagen fördern. Von solche Anbausysteme könnten auch ökosystembasierten Dienstleistungen, wie beispielsweise verbessertes Mikroklima oder Erosionskontrolle, profitieren, da diese durch ein solches Agroforstsystem nachhaltig begünstigt werden (Lin, 2010; Moreira et al., 2018; Souza et al., 2012). Ein Schlüsselaspekt für die Förderung des Anbaus solcher Systeme wäre die Schulung und Akzeptanz von Agroforstsystemen bei den Kaffeebauern und -bäuerinnen.

Ein nachhaltigerer Kaffeeanbau ist auch deshalb relevant, weil der Kaffeekonsum weltweit stetig zunimmt. Beispielsweise ist in China die Kaffeetrinkkultur zwar noch nicht weit verbreitet, nimmt jedoch seit einigen Jahren kontinuierlich zu. Es wird prognostiziert, dass dieser Trend noch über mehrere Jahre hinweg anhalten wird. Dieser Anstieg ist auf die aufstrebende Mittelschicht in China zurückzuführen, die den Konsum von Kaffee als westlichen Trend und Indikator für einen wohlhabenden Lebensstil betrachtet. Die Entwicklung des Kaffeekonsum, wie er in China zu beobachten ist, zeigt sich ausserdem in mehreren aufstrebenden Wirtschaftsländer (Ferreira & Ferreira, 2018). Die effiziente Anbauweise, die China laut den Daten der FAO in der Kaffeeproduktion verfolgt, könnte zukünftig eine wichtige Rolle bei der Bewältigung der steigenden Kaffeefachfrage spielen. Gegenwärtig belegt China gemäss der FAO den 13. Platz unter den Kaffeeproduzenten (AtlasBig, 2018; FAO, 2023). Dennoch sind die Erträge pro Hektar in den letzten zehn Jahren mit einem Durchschnitt von 2,74 Tonnen pro Hektar im Vergleich zu vielen anderen Produktionsländern sehr hoch (FAO, 2021). Eine weitere Studie wäre erforderlich, um die Art des chinesischen Kaffeeanbaus und die damit verbundenen Umweltauswirkungen zu untersuchen.

## 5.2 Vergleich der grössten Produktionsländer und Regionen

Um den Biodiversitätsverlust im Kaffeeanbau zu erfassen, wurden die zehn grössten Kaffeeproduktionsländer miteinander verglichen. Es zeigt sich, dass Mexiko und Kolumbien einen höheren Wert für den potenziellen Artenverlust pro Kilogramm Kaffee aufweisen als die übrigen Länder. Insbesondere Mexiko benötigt im Vergleich zu anderen Ländern eine grosse Fläche von 34.64 m<sup>2</sup> pro Kilogramm Kaffee. Daraus lässt sich ableiten, dass in Mexiko der ineffiziente Kaffeeanbau einen erheblichen Einfluss auf den potenziellen Artenverlust pro Kilogramm Kaffee hat.

Die Durchschnittserträge pro Hektar in Mexiko von 2010 bis 2020 zeigen, basierend auf einem Ausgangswert von 0,497 Tonnen pro Hektar und verglichen mit denen von 1961 bis 1971, einen Rückgang von -0,208 Tonnen pro Hektar auf. Dies entspricht einem Minus von 42%. Allerdings lassen sich aus diesen Daten keine genauen Gründe für eine ineffiziente Bewirtschaftung ablesen. Es könnte mit dem veränderten Klima, mangelndem Fachwissen, fehlender Infrastruktur oder mit anderen Faktoren zusammenhängen. Weitere Untersuchungen wären notwendig, um die Ursachen zu ergründen.

Die Kaffeeproduktion in Kolumbien hat im Vergleich zu den anderen neun grössten Kaffeeproduzent:innen ebenfalls einen auffallend starken Einfluss auf die Biodiversität. Allerdings unterscheidet sich das Potential Species Loss pro Kilogramm Kaffee zwischen Kolumbien und Mexiko. In Kolumbien lässt sich der Verlust nicht auf die verwendete Flächengrösse pro Kilogramm Kaffee zurückführen, da Kolumbien mit durchschnittlich 11.05 m<sup>2</sup> pro Kilogramm Kaffee im unteren Bereich der verglichenen Länder liegt. Der hohe Vulnerability Score der Regionen deutet darauf hin, dass der Kaffeeanbau in Kolumbien hauptsächlich in biologisch wertvollen Gebieten stattfindet. Lediglich die Region Tolima, eine der fünf untersuchten Regionen, weist einen vergleichsweise geringen Potential Species Loss pro Kilogramm Kaffee auf. Es wäre interessant zu untersuchen, ob es in Kolumbien weitere Regionen wie Tolima gibt, in denen die Kaffeeproduktion verstärkt gefördert werden könnte, um den Kaffeeanbau in den verwundbareren Regionen reduzieren zu können.

## 5.3 Biome

Die Analyse der Biome hat gezeigt, dass drei der sechs Biome (siehe Grafik 7) einen höheren Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Kaffee aufweisen. Besonders anfällig für den Verlust von Biodiversität durch Kaffeeanbau sind demnach: Erstens tropische und subtropische feuchte Laubwälder (Biom 1), zweitens tropische und subtropische trockene Laubwälder (Biom 2) und drittens tropische und subtropische Nadelwälder (Biom 3). Das für den Kaffeeanbau schonendste Biom sind Wüsten und trockene Buschlandschaften (Biom 13), gefolgt von tropische und subtropische Graslandschaften, Savannen und Buschland (Biom 7) und Bergwiesen und Buschlandschaften (Biom 10). Besonders interessant ist, dass

Brasilien als grösster Kaffeeproduzent drei seiner Anbauggebiete im Biom der Kategorie 7 und eines im Biom der Kategorie 13 hat. Diese Biome weisen einen geringeren Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Kaffee auf. Nur eine der fünf grössten Kaffeeanbauregionen in Brasilien befindet sich in einem Biom der Kategorie 1, das den zweithöchsten Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Kaffee aufweist und in den meisten anderen Anbauländern als Hauptanbauggebiet genutzt wird. Eine detaillierte Untersuchung der Biome der Kategorie 7, 13 und 10, die einen geringen Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Kaffee aufweisen, könnte dabei helfen, geeignete Anbauggebiete in anderen Ländern zu identifizieren, die sowohl einen geringeren Einfluss auf die Artenvielfalt aufweisen als auch hohe Erträge liefern.

#### 5.4 Mit Agroforstsystemen die Biodiversität fördern

Gemäss der globalen Berechnung sind im Jahr 2021 durch den Kaffeeanbau weltweit 2.7 Säugetierarten, 3.7 Vogelarten, 13.6 Amphibienarten, 1.1 Reptilienarten und 24.7 Pflanzenarten potenziell ausgestorben. Um diesen Rückgang zu reduzieren, hat sich in der Studie der vermehrte Einsatz von Agroforstsysteme mit einheimischen Pflanzenarten als besonders geeignet erwiesen. Durch diese Systeme entstehen zusätzliche Lebensräume für alle anderen Taxa (Philpott et al., 2008; Schroth et al., 2009). Eine spezifische Mischung von Schattenbäumen, die auf den Kaffeeanbau und die jeweilige Region abgestimmt ist, spielt eine entscheidende Rolle für einen nachhaltigen Anbau, der bei einer geringeren Menge an Pestiziden, Fungiziden und Herbiziden dennoch gute Erträge aufweist (Bhagwat et al., 2008; Souza et al., 2012). Um zusätzlich eine Existenzgrundlage für Kaffeebauern und Bäuerinnen zu schaffen, wäre ein Zugang zum Emissionshandel von Bedeutung. Auf diese Weise kann der Agroforst langfristig zu einem attraktiven Anbaumodell werden, das sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Vorteile bietet (Solidaridad, 2022). Weitere Studien auf diesem Gebiet lohnen sich, um den Kaffeeanbau umfassend zu verbessern.

#### 5.5 Schweizer Kaffeekonsum

Der Kaffeekonsum der Schweizer Bevölkerung führt im Vergleich zur weltweiten Kaffeeproduktion zu einem 57% höheren potenziellen Biodiversitätsverlust. Dies liegt daran, dass die Schweiz mehr Kaffee aus Ländern importiert, die einen höheren potenziellen Verlust aufweisen, wie zum Beispiel aus Kolumbien. Zudem importiert die Schweiz auch viel Kaffee aus anderen Ländern, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden. Diese Länder wurden mit den Werten des Weltkaffee-Mixes gleichgesetzt. Ein möglicher Grund für den erhöhten PSL könnte sein, dass die Schweiz aufgrund ihrer hohen Kaufkraft speziellen Kaffee aus kleinen Produktionsländern mit hoher Qualität den Vorzug vor dem

grosstechnisch produzierten Kaffee Brasiliens oder Vietnams gibt. Dadurch könnte auch die Abweichung zu dem Weltkaffee-Mix von -13,4% bei Brasilien und -9,6% bei Vietnam begründet werden.

## 5.6 Kaffeehersteller der Schweiz

Der Kaffeehersteller aus der Schweiz sticht mit einem 2.39-fach höherem potenziellen Biodiversitätsverlust pro Kilogramm Kaffee als der Weltkaffee-Mix heraus. Im Vergleich mit dem Schweizerimport-Mix liegt der Hersteller um 1.53-fach höher. Dies ist darin begründet, dass der Hersteller einen erheblichen Teil seines Kaffees aus Kolumbien und Peru bezieht, also aus Ländern mit vielen Kaffeeanbaugebieten in ökologisch wertvollen Gebieten (Biome der Kategorie 1,2,3). Der Hersteller bezieht auch Kaffee aus anderen Ländern, die in dieser Studie nicht berücksichtigt wurden und für die der weltweite Durchschnittsmix verwendet wurde. Es ist jedoch nicht ersichtlich, ob diese Bezüge über oder unter dem Durchschnittswert des potenziellen Biodiversitätsverlusts liegen. Auffällig ist jedoch, dass lediglich 15,4% des Kaffees aus Brasilien bezogen werden, was auf eine geringere Qualität der Massenproduktion in Brasilien hindeuten könnte. Im Gegensatz zu Brasilien wird in Kolumbien fast nur von Hand geerntet, was eine höhere Qualität hervorbringt, da nur die komplett reifen Kaffeekirschen gepflückt werden (Legal Team Colombia, 2017). Die maschinelle Ernte macht den Produktionsprozess effizienter und senkt die Arbeitskosten, jedoch werden dabei auch unreife Kirschen geerntet, was eine Reduktion der Qualität zur Folge hat (Coffee Circle, 2023). Mit einem Anteil von 24,7% des Kaffeebezugs aus Guatemala, das den 11. Platz der grössten Produzenten einnimmt, spielt dieses Land eine bedeutende Rolle im Kaffeeimport des Herstellers. Zusätzlich stammen 16,2% des Kaffees, 14% mehr als der Weltkaffee-Mix, aus Peru, wo im Vergleich zu anderen Ländern ein eher höhere potenzielle Biodiversitätsverlust vorliegt. Peru baut hauptsächlich Kaffee in hochgelegenen Gebieten an, was zu einer besonders guten Qualität des Geschmacks führt (Gamonal et al., 2017; Soares Ferreira et al., 2022). Das Einkaufsverhalten des Kaffeeherstellers weist darauf hin, dass er auf eine hohe Qualität des Kaffees setzt. Allerdings ist festzustellen, dass der Potential Species Loss (PSL) des Kaffees des Herstellers im Vergleich zum Weltkaffee- oder Schweizer-Importmix hoch ist. Um den PSL zu reduzieren, wäre es ratsam, zu untersuchen, ob in Ländern wie Indien, Brasilien, Vietnam oder Äthiopien Kaffee von hoher Qualität angebaut wird, der den Qualitätsansprüchen des Herstellers genügt und gleichzeitig einen geringen PSL aufweist.

## 5.7 Kritische Reflexion der Methodik und Einschränkungen

Die Berechnungen ermöglichen den Vergleich von Ländern, Regionen und Ökosystemen in Bezug auf den Kaffeeanbau. Es gibt jedoch Raum für Verbesserungen in der Methodik, insbesondere bei der Unterteilung des Anbaus sollte nicht nur die minimale Nutzung für alle Kaffeeanbauregionen betrachtet,

sondern differenzierter zwischen minimaler, leichter und intensiver Nutzung unterschieden werden. Hierfür wären zusätzliche Daten über die Anbauweisen erforderlich. Die Berücksichtigung der Regionen und ihres Anteils an der Gesamtproduktion eines Landes würde eine genauere Erfassung der Faktoren des Biodiversitätsverlustes ermöglichen. Eine Herausforderung besteht in der Zuordnung der Regionen, da insbesondere bei kleineren Kaffeeproduktionsländern die Anteile der Regionen an der Gesamtproduktion aufgrund der unregelmässig eintretenden guten und schlechten Erntejahren stark variieren können. Um diese Schwankungen auszugleichen, müssten die Daten über einen längeren Zeitraum erfasst werden, um repräsentative Durchschnittswerte zu erhalten.

Es ist wichtig, die Regionen des Kaffeeanbaus genauer zu lokalisieren, da diese mit den länderspezifischen Charakterisierungsfaktor (CF) des SAR Modells stark variieren können. Zum Beispiel dominieren im Süden von Brasilien, wo viel Kaffee angebaut wird, gerade keine tropischen und subtropischen feuchte Laubwälder, sondern vielmehr tropische und subtropische Graslandschaften, Savannen und Buschland. Es ist zu empfehlen, spezifische Analysen der Kaffeeanbaugebiete und ihren Anteil an der gesamten Landesproduktion durchzuführen, um noch genauere Werte zu erhalten.

Um die Bilanzierung der Schweiz genauer durchzuführen, ist es wichtig, die Exporte nach der Verarbeitung rückverfolgen zu können, damit festgestellt werden kann, aus welchen Regionen der Kaffee stammt. Um Rückschlüsse auf den tatsächlichen Konsum der Schweizer Bevölkerung ziehen zu können, wäre es erforderlich, auch die Abfälle, die bei der Verarbeitung von Kaffee anfallen, zu analysieren und in die Berechnung des Konsums der exportierten Ware einzubeziehen. Da die Schweiz der drittgrösste Exporteur von Röstkaffee in Europa ist, könnte die Berücksichtigung der Abfälle einen bedeutenden Einfluss auf das Ergebnis haben (CBI, 2022).

Bei der Bilanzierung des Schweizer Kaffeherstellers ist zu beachten, dass sich die Angaben zum Einkauf in dieser Studie lediglich auf die Länder beziehen und die Anbauart vernachlässigt wird. Es wäre ebenfalls empfehlenswert, den Anbauort möglichst präzise zu lokalisieren, um mit den genauen Ökoregionen zu arbeiten und präzisere Aussagen zum Potential Biodiversity Loss und den Potential Disappeared Fraction machen zu können.

## 5.8 Vorschläge für zukünftige Forschung

Wie oben genannt, bedarf es verschiedene weitere Studien, um die Themen des Kaffeeanbaus im Zusammenhang mit Biodiversität und Nachhaltigkeit durchzuführen. Hier werden sie nochmal einzeln hervorgehoben

### 5.8.1 Ursache für ineffizienten Kaffeeanbau

Es wäre interessant, die genauen Gründe für den Rückgang der Erträge pro Hektar in bestimmten Ländern wie Mexiko zu untersuchen. Wie bereits erwähnt, könnten das veränderte Klima, mangelndes Fachwissen, fehlende Infrastruktur, Bodenfruchtbarkeit als Ursachen bestätigt werden.

### 5.8.2 Umweltauswirkungen des Kaffeeanbaus in China

Eine detaillierte Studie über die Art des Kaffeeanbaus in China und seine Auswirkungen auf die Umwelt könnte Aufschluss darüber geben, wie nachhaltig die derzeitige Produktionsweise ist, und wie sie verbessert oder auch in andere Kaffeeanbaugebiete implementiert werden kann.

### 5.8.3 Identifizierung weiterer Kaffeeproduktionsregionen mit geringem Artenverlust

Basierend auf den Erkenntnissen über die Biome und die potenziellen Artenverluste könnten Untersuchungen in anderen Ländern durchgeführt werden, um Regionen zu identifizieren, die sich für Kaffeeanbau mit geringeren Auswirkungen auf die Biodiversität eignen könnten.

### 5.8.4 Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Biodiversität

Eine umfassende Untersuchung der Auswirkungen von Agroforstsystemen auf die Biodiversität in Kaffeeanbaugebieten könnte zeigen, wie diese Anbausysteme zur Förderung der Artenvielfalt beitragen und welche spezifischen Mischungen von Schattenbäumen für die lokale Kaffeeanbauregionen wirkungsvoll sind.

### 5.8.5 Bewertung des Zugangs zum Emissionshandel für Kaffeebauern und -bäuerinnen

Eine Studie, die den Zugang zum Emissionshandel für Kaffeebauern und Bäuerinnen analysiert, könnte die potenziellen wirtschaftlichen Vorteile untersuchen und bewerten, wie der Übergang zu nachhaltigen Anbaumethoden unterstützt werden könnte.

### 5.8.6 Kombination Satellitenspektroskopie und SAR-Modell

Um präzisere Analysen zum potenziellen Artenverlust zu erhalten, ist es wichtig, die Anbauart und -kultur so genau wie möglich zu bestimmen. Eine Methode zur Erreichung dieses Ziels wäre die Kombination von Satellitenspektroskopie mit dem SAR-Modell. Diese Kombination könnte ein effizientes Werkzeug darstellen, um potentielle Biodiversitätsverluste von jeglichen Anbaukulturen zu berechnen.

## 6 Fazit

Die vorliegende Bachelorarbeit hat die Forschungsfrage beantwortet, wie das Anbauland den Biodiversitätsverlust pro Kilogramm Kaffeebohnen beeinflusst und welche ökologischen Auswirkungen der Kaffeeanbau in verschiedenen Regionen auf die Artenvielfalt hat. Durch die Anwendung des Land-Arten-Flächenbeziehungsmodells (SAR) sowie die Nutzung von Daten der FAO konnten Erkenntnisse dazu gewonnen werden.

Der Vergleich der zehn grössten Kaffeeproduktionsländer zeigt, dass Mexiko und Kolumbien einen höheren potenziellen Artenverlust pro Kilogramm Kaffee aufweisen als andere Länder. In Mexiko deutet ein ineffizienter Kaffeeanbau auf einen erheblichen Einfluss auf den potenziellen Artenverlust hin. In Kolumbien findet der Kaffeeanbau hauptsächlich in biologisch wertvollen Gebieten statt, was zu einem hohen länderspezifischen Charakterisierungsfaktor (CF) für Kaffee führt. Weitere Untersuchungen über die Biome könnten helfen, geeignete Anbaugelände zu identifizieren und den Kaffeeanbau in vulnerablen Regionen zu reduzieren.

Um den Biodiversitätsverlust zu verringern, wird empfohlen, vermehrt Agroforstsysteme mit einheimischen Pflanzenarten einzusetzen. Diese Systeme bieten zusätzliche Lebensräume und können dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln reduzieren. Die Erkenntnisse über die Biome, die weniger potentiellen Biodiversitätsverlust aufweisen, kann dafür benutzt werden Anbaugelände zu identifizieren, die ertragreich und biodiversitätsschonend sind.

Die Ergebnisse zeigen ausserdem, dass der Kaffeekonsum in der Schweiz im Vergleich zur weltweiten Kaffeeproduktion zu einem 57% höheren potenziellen Biodiversitätsverlust führt. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass die Schweiz Kaffee aus Ländern importiert, die einen höheren potenziellen Verlust aufweisen, wie beispielsweise Kolumbien.

Ein anonymen Kaffeeproduzent aus der Schweiz weist einen 2,39-fach höheren potenziellen Biodiversitätsverlust pro Kilogramm Kaffee im Vergleich zum Weltdurchschnittsmix auf. Dies ist vor allem auf den hohen Anteil des Kaffeekaufs aus Gebieten in Kolumbien oder Peru zurückzuführen. Es wird empfohlen, nach alternativen Lieferanten in Ländern wie Indien, Brasilien, Vietnam oder Äthiopien zu suchen. Darüber hinaus wird den Endverbraucher:innen empfohlen, vermehrt Kaffee aus diesen Ländern zu konsumieren und damit die weltweite Biodiversität weniger zu belasten.

Diese Erkenntnisse tragen zur Sensibilisierung für den Zusammenhang zwischen Kaffeekonsum, Anbauland und Biodiversitätsverlust bei und bieten Ansätze zur Förderung einer nachhaltigen Kaffeeproduktion. Es bedarf weiterer Forschung und Massnahmen, um den Biodiversitätsverlust im Zusammenhang mit dem Kaffeeanbau zu reduzieren und somit eine langfristige Erhaltung der Artenvielfalt zu unterstützen.

## 7 Bibliographie

- AtlasBig. (2018). *Top Kaffee produzierenden Ländern*. AtlasBig. <https://www.atlasbig.com/de-ch/laender-durch-kaffeeproduktion>
- Beierkuhnlein, C. (2003). *Beierkuhnlein\_2003\_Der\_Begriff\_Biodiversitaet.pdf*. [http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/mod/de/pub/pub/48266/Beierkuhnlein2003\\_Der\\_Begriff\\_Biodiversitaet.PDF](http://www.bayceer.uni-bayreuth.de/mod/de/pub/pub/48266/Beierkuhnlein2003_Der_Begriff_Biodiversitaet.PDF)
- Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J. B., & Whittaker, R. J. (2008). Agroforestry: A refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology & Evolution*, 23(5), 261–267.  
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., Mace, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), Article 7401. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- CBD. (2010). *CBD 2020*. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-10/cop-10-dec-02-en.pdf>
- CBI. (2022). *The Swiss market potential for coffee | CBI*. <https://www.cbi.eu/market-information/coffee/switzerland/market-potential>
- Chaudhary, A., & Brooks, T. M. (2018). Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints. *Environmental Science & Technology*, 52(9), 5094–5104. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05570>
- Coffee Circle. (2023). *Brasilien: Das größte Kaffeeland der Welt*. Brasilien: das größte Kaffeeland der Welt. <https://www.coffeecircle.com/de/e/brasilien>
- COP15. (2022). *COP15: Final text of Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework*. Convention on Biological Diversity. <https://www.cbd.int/article/cop15-final-text-kunming-montreal-gbf-221222>
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the

- world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), Article 6630.  
<https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N. D., Wikramanayake, E., Hahn, N., Palminteri, S., Hedao, P., Noss, R., Hansen, M., Locke, H., Ellis, E. C., Jones, B., Barber, C. V., Hayes, R., Kormos, C., Martin, V., Crist, E., ... Saleem, M. (2017). An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. *BioScience*, 67(6), 534–545. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>
- Duarte, G. T., Santos, P. M., Cornelissen, T. G., Ribeiro, M. C., & Paglia, A. P. (2018). The effects of landscape patterns on ecosystem services: Meta-analyses of landscape services. *Landscape Ecology*, 33(8), 1247–1257. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0673-5>
- Fairtrade. (2018, Oktober 1). *Kaffeebauern in Not*. <https://www.fairtrademaxhavelaar.ch/newsroom/news/details/kaffeebauern-in-not-2897>
- FAO. (2021). *Coffee bean yields*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/coffee-yields>
- FAO. (2023). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Ferreira, J., & Ferreira, C. (2018). Challenges and opportunities of new retail horizons in emerging markets: The case of a rising coffee culture in China. *Business Horizons*, 61(5), 783–796.  
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.06.001>
- Gamonal, L. E., Vallejos-Torres, G., & López, L. A. (2017). Sensory analysis of four cultivars of coffee (*Coffea arabica* L.), grown at different altitudes in the San Martin region—Peru. *Ciência Rural*, 47, e20160882. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160882>
- Gomes, L. C., Bianchi, F. J. J. A., Cardoso, I. M., Fernandes, R. B. A., Filho, E. I. F., & Schulte, R. P. O. (2020). Agroforestry systems can mitigate the impacts of climate change on coffee production: A spatially explicit assessment in Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 294, 106858. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106858>
- Halpern, B. S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K. L., Samhuri, J. F., Katona, S. K., Kleisner, K., Lester, S. E., O’Leary, J., Ranelletti, M., Rosenberg, A. A., Scarborough, C., Selig, E. R., Best, B. D.,

- Brumbaugh, D. R., Chapin, F. S., Crowder, L. B., Daly, K. L., Doney, S. C., ... Zeller, D. (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*, 488(7413), Article 7413. <https://doi.org/10.1038/nature11397>
- ICO Market Report. (2023). *Cmr-0323-e.pdf*. <https://www.icocoffee.org/documents/cy2022-23/cmr-0323-e.pdf>
- IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- Klein, A.-M., Steffan-Dewenter, I., & Tscharrntke, T. (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1518), 955–961. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2306>
- Legal Team Colombia. (2017, Juli 10). *From Coffee Plant to Cup: The Colombian Coffee Production Process*. Biz Latin Hub. <https://www.bizlatinhub.com/coffee-production-colombia/>
- Lin, B. B. (2007). Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144(1), 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2006.12.009>
- Lin, B. B. (2010). The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(4), 510–518. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.010>
- Moreira, S. L. S., Pires, C. V., Marcatti, G. E., Santos, R. H. S., Imbuzeiro, H. M. A., & Fernandes, R. B. A. (2018). Intercropping of coffee with the palm tree, macauba, can mitigate climate change effects. *Agricultural and Forest Meteorology*, 256–257, 379–390. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.03.026>
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., & Kassem, K. R. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial

- ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51(11), 933–938. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2)
- Panhuisen, S., & Pierrot, j. (2018). *Coffee-Barometer-2018.pdf*. <https://hivos.org/assets/2018/06/Coffee-Barometer-2018.pdf>
- Philpott, S. M., Arendt, W. J., Armbrecht, I., Bichier, P., Diestch, T. V., Gordon, C., Greenberg, R., Perfecto, I., Reynoso-Santos, R., Soto-Pinto, L., Tejeda-Cruz, C., Williams-Linera, G., Valenzuela, J., & Zolotoff, J. M. (2008). Biodiversity Loss in Latin American Coffee Landscapes: Review of the Evidence on Ants, Birds, and Trees. *Conservation Biology*, 22(5), 1093–1105. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01029.x>
- Pilling, D., & Bélanger, J. (2019). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture* [Map]. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture.
- Schroth, G., Laderach, P., Dempewolf, J., Philpott, S., Hagggar, J., Eakin, H., Castillejos, T., Garcia Moreno, J., Soto Pinto, L., Hernandez, R., Eitzinger, A., & Ramirez-Villegas, J. (2009). Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14(7), 605–625. <https://doi.org/10.1007/s11027-009-9186-5>
- Schweiz, A., & Fischlin, A. (2016). Brennpunkt Klima Schweiz—Grundlagen, Folgen und Perspektiven. *Swiss Academies Reports*, 11, 216.
- Silva, C. A. da, Partelli, F. L., Aoyama, E. M., Bonomo, R., Vieira, H. D., Ramalho, J. C., & Ribeiro-Barros, A. I. (2021). Floral morphology of robusta coffee genotypes. *Agronomy Journal*, 113(4), 3080–3088. <https://doi.org/10.1002/agj2.20743>
- Soares Ferreira, D., Eduardo da Silva Oliveira, M., Rodrigues Ribeiro, W., Altoé Filete, C., Toledo Castanheira, D., Cesar Pereira Rocha, B., Polonini Moreli, A., Catarina da Silva Oliveira, E., Carvalho Guarçoni, R., Partelli, F. L., & Louzada Pereira, L. (2022). Association of Altitude and Solar Radiation to Understand Coffee Quality. *Agronomy*, 12(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081885>

- Solidaridad. (2022). *Kaffeebauern werden zu Klimahelden*. Solidaridad Deutschland. <https://solidaridad.de/kaffeebauernzuklimahelden/>
- Soto-Pinto, L., Perfecto, I., Castillo-Hernandez, J., & Caballero-Nieto, J. (2000). Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 80(1), 61–69. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00134-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00134-1)
- Souza, H. N. de, de Goede, R. G. M., Brussaard, L., Cardoso, I. M., Duarte, E. M. G., Fernandes, R. B. A., Gomes, L. C., & Pulleman, M. M. (2012). Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 146(1), 179–196. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.11.007>
- Spreen, D. (2020). Begriffsdefinition. Was ist gemein, wenn wir von Biodiversität reden? [PDF]. *ESKP-Themenspezial: Biodiversität*, 371 KB, 9–13. <https://doi.org/10.2312/ESKP.2020.1.1.1>
- Swiss-Impex. (2023). *Swiss-Impex—Bereich Waren*. <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/public/bereiche/waren/query.xhtml>
- UNEP, CDB, & UN. (2010). *Biodiversity, Development and Poverty Alleviation*. <https://www.cbd.int/doc/bioday/2010/idb-2010-booklet-en.pdf>
- US department of agriculture. (2022). *Coffee.pdf*. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/coffee.pdf>
- WWF. (2020a). *Importierte Abholzung: Wie in die Schweiz eingeführte Rohstoffe die Entwaldung im Ausland vorantreiben*. [https://www.wwf.ch/sites/default/files/doc-2021-03/WWF\\_Risky\\_business\\_GR%20revised.pdf](https://www.wwf.ch/sites/default/files/doc-2021-03/WWF_Risky_business_GR%20revised.pdf)
- WWF. (2020b). *Major Biomes of the world*. [https://wwf.panda.org/discover/knowledge\\_hub/teacher\\_resources/webfieldtrips/major\\_biomes/](https://wwf.panda.org/discover/knowledge_hub/teacher_resources/webfieldtrips/major_biomes/)
- WWF. (2023a). *Terrestrial Ecoregions of the World | Publications | WWF*. World Wildlife Fund. <https://www.worldwildlife.org/publications/terrestrial-ecoregions-of-the-world>

WWF. (2023b). *WWF Terrestrial Ecoregions Of The World (Biomes)*.

<https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=d60ec415febb4874ac5e0960a6a2e448>

## 8 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Schweizer Importkaffee-Mix, Weltkaffee-Mix und die Abweichung vom Schweizer-Mix zum Weltkaffee-Mix (ICO market report, 2023; Swiss-Impex, 2023)</i> .....	25
<i>Tabelle 2: Aufgeführt sind die Anteile des Einkaufs vom Schweizer Kaffehersteller, der Anteil der Länder an der Weltproduktion (ICO market report, 2023) sowie die Differenz zwischen den beiden Anteilwerten</i> .....	27

## 9 Grafikverzeichnis

<i>Grafik 1: Übersicht des Konsums/Produktion des Weltmarktes (ICO market report, 2023)</i> .....	9
<i>Grafik 2: Die Karte zeigt die Veränderung der Erträge in Tonnen pro Hektare, von 1961 bis 1971 verglichen mit den durchschnittlichen Erträgen von 2010 bis 2020. Auf der Karte ersichtlich sind nur diejenigen Länder, die diese Daten seit 1961 erhoben haben</i> .....	18
<i>Grafik 3: Die Grafik zeigt den Vergleich der zehn grössten Kaffeeproduktionsländer (Landes-Produktionsdurchschnitt von 2010 bis 2020 (FAO, 2021)) in Potential Disappeared Fraction (PDF)/kg Coffee. PDF ist der Anteil vom weltweiten gesamten Biodiversitätsverlust (Chaudhary &amp; Brooks, 2018)</i> .....	19
<i>Grafik 4: Auf der Grafik erkennbar sind die Anzahl an Quadratmetern (m<sup>2</sup>), die benötigt werden, um in den zehn grössten Kaffeeproduktionsländern ein Kilogramm Kaffee herzustellen (Landes-Produktionsdurchschnitt von 2010 bis 2020 (FAO, 2021))</i> .....	20
<i>Grafik 5: Auf der Grafik erkennbar ist der Potential Species Loss (PSL), der pro Taxa weltweit durch den Anbau von Kaffee im Jahr 2021 verursacht wurde</i> .....	21
<i>Grafik 6: In der Grafik werden die fünf grössten Anbauregionen von Kaffee pro Anbauland mit dem Potential Species Loss PSL/kg Coffee verglichen. Farbig dargestellt sind die Anteile der Taxa und in den Klammern sind die Nummern der Biome</i> .....	22
<i>Grafik 7: Durchschnittliches Potential Disappeared Fraction (PDF) pro Kilogramm Kaffee der Biome, in denen Kaffee angebaut wird</i> .....	23
<i>Grafik 8: In dieser Grafik wird der Schweizer Potential Species Loss (PSL) durch den Konsum von Kaffee dargestellt. Der PSL ist dabei in fünf verschiedene Taxa unterteilt. Es gibt zwei Berechnungsmethoden:</i>	

*Einmal basierend auf dem Weltproduktionsdurchschnitt und einmal basierend auf dem Schweizer  
Kaffee-Importanteilen. .... 24*

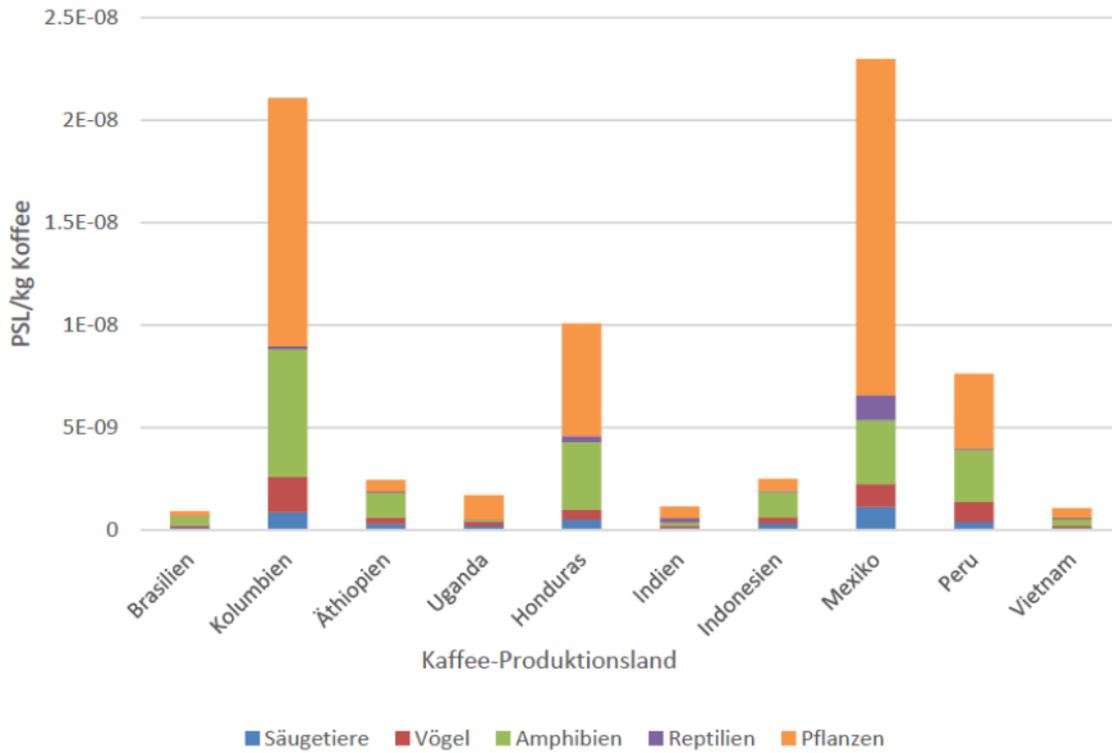
*Grafik 9: Die Grafik zeigt den Potential Species Loss pro Kilogramm Kaffee, aufgeteilt in Taxa, sowie  
den totalen PSL aller Taxa, aufgeteilt in Kaffeehersteller, Weltdurchschnitt und Schweizer Import-Mix.  
..... 26*

## 10 Anhang

### Berechnungen Excel

Berechnungen mit dem SAR Model und den Daten der FAO, verfügbar als Excel Datei.

### Grafiken



Anhang Grafik 1: Potential Species Loss (PSL)/kg Kaffee der zehn grössten Kaffeeproduktionsländer, aufgeteilt in Taxa.

## Selbstständigkeitserklärung

### Selbstständigkeitserklärung für studentische Arbeiten am Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe der beiliegenden

- Projektarbeit  
 Literaturarbeit  
 Semesterarbeit  
 Minorarbeit  
 Bachelorarbeit  
 Masterarbeit (Zutreffendes ankreuzen)

versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten gedruckten und elektronischen Quellen im Text und im Literaturverzeichnis korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Arbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit ohne klare Kennzeichnung und ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmaßnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Unterengstringen, 06.07.2023

Unterschrift des/der Studierenden:

#### Hinweis zum Einreichen der Selbstständigkeitserklärung:

**Direkte Abgabe der Arbeit:** Diese Selbstständigkeitserklärung ist bei der ZHAW-Version aller studentischen Arbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.

**Abgabe der Arbeit über Complexis:** Die Selbstständigkeitserklärung erfolgt direkt per Mausklick in Complexis und wird nicht im Anhang der Arbeit eingefügt.

Erlassverantwortliche/-r		LeiterIn Stabsbereich Bildung		Ablageort	2.05.00 Lehre Studium
Beschlussinstanz		LeiterIn Stab		Publikationsort	Public
Genehmigungsinstanz					
Version	Beschluss	Beschlussinstanz	Inkrafttreten	Beschreibung Änderung	
1.0.0	15.03.2022	LeiterIn Stab	15.03.2022	Original	