

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

Monitoring von Breitflügelfledermäusen im Städtchen Bischofszell

Ausflugszählung und Ermittlung von Flugkorridoren



Bachelorarbeit

von **Tina Schmitter**

Bachelorstudiengang 2019

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Abgabedatum: 12. Januar 2023

Fachkorrektoren:

Dr. Stefan Suter

ZHAW LSFM, Institut UNR, Forschungsgruppe Wildtiermanagement
Schloss, 8820 Wädenswil

Marius Heeb

Fledermausschutzbeauftragter Kanton Thurgau

Lindenstrasse 3, 9220 Bischofszell

Impressum

- Stichworte:** Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*), Lebensraumansprüche, Monitoring, Ausflugszählung, Flugkorridor, Bischofszell, Batlogger, Audiomoth, GIS-Analyse
- Zitiervorschlag:** Schmitter, T. (2023). Monitoring von Breitflügelfledermäusen im Städtchen Bischofszell. Ausflugszählung und Ermittlung von Flugkorridoren. In *Bachelorarbeit ZHAW*, unveröffentlicht.
- Institut:** Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
ZHAW Life Sciences und Facility Management
Grüntalstrasse 14, Postfach
8820 Wädenswil
- Titelbild:** Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*) im Flug. Gut sichtbar sind die breiten Flügel, die der Fledermaus den Namen verliehen haben (Quelle: www.fledermaus-bayern.de/breitflugelfledermaus.html).

Zusammenfassung

Fledermäuse sind in ihrer Lebensweise abhängig von verschiedenen funktionellen Lebensräumen, zum Beispiel Wochenstubenquartiere zur Jungenaufzucht oder Jagdlebensräume. Wichtig ist auch die Vernetzung der Quartiere untereinander und mit den Jagdgebieten durch Flugkorridore, welche lineare Strukturen zur Orientierung aufweisen und nachtdunkel sein sollten. Um Fledermäuse effektiv fördern zu können, ist eine Kenntnis der Nutzung all dieser Lebensräume wichtig.

Diese Arbeit hatte das Ziel, potenzielle Flugkorridore für Breitflügelfledermäuse (*Eptesicus serotinus*) mittels einer Multikriterien-Analyse in GIS zu ermitteln. Des Weiteren sollte die Entwicklung des Bestands beurteilt werden, weshalb koordinierte Ausflugszählungen durchgeführt wurden. Ausserdem wurde mithilfe visueller und akustischer Geräte ein von Breitflügelfledermäusen genutzter Flugkorridor bestimmt.

Die GIS-Analyse zeigte, dass in der Umgebung von Bischofszell zahlreiche geeignete Flugkorridorstrukturen vorhanden sind, die sich mit wenigen Ausnahmen kontinuierlich durch die Landschaft erstrecken. Der Bestand in den bekannten Quartieren hat zwischen 2021 und 2022 zugenommen. Eine Aussage über die langfristige Entwicklung konnte allerdings nicht gemacht werden, da über mehrere Jahre erhobene Zahlen fehlen. Es wird vermutet, dass noch nicht alle Quartiere bekannt sind, da während der Flugkorridorsuche auch dann noch Rufe von Breitflügelfledermäusen erfasst wurden, als bei den bekannten Quartieren keine Ausflüge mehr gezählt wurden. Deshalb sollte ein weiteres Forschungsziel sein, weitere Quartiere ausfindig zu machen. Eine Möglichkeit dazu wäre der Einsatz von Telemetrie.

Es konnte ein genutzter Flugkorridor auf einer Länge von rund 1 km bestimmt werden. Dieser wird im folgenden Jahr verifiziert und dem Kanton übermittlemt werden, damit er im GIS eingetragen werden kann und von der Gemeinde in zukünftigen Projekten berücksichtigt wird. Wo es nötig ist, sollte der Korridor verbessert werden. Verbesserungspotenzial ergibt sich primär hinsichtlich der Reduktion von künstlichem Licht. Es hat sich gezeigt, dass die Fledermausaktivität entlang des gefundenen Korridors hoch ist, somit würden wahrscheinlich nicht nur Breitflügelfledermäuse vom Schutz dieses Korridors profitieren.

Abstract

Bats depend on different functional habitats for their way of life, e.g., hibernation roosts for breeding or hunting habitats. The interconnectedness of roosts as well as the connectivity of roosts to hunting grounds through commuting corridors is also important. These corridors should consist of linear structures for orientation and be dark at night. In order to effectively promote bats, knowledge of the use of all these habitats is crucial.

The aim of this paper was to identify potential commuting corridors for serotine bats (*Eptesicus serotinus*) using a multi-criteria analysis in GIS. In addition, the development of the population was to be assessed, which is why coordinated censuses of bats emerging from their roost were conducted. Furthermore, a commuting corridor used by serotine bats was determined using visual and acoustic devices.

The GIS analysis showed that there are numerous suitable commuting corridor structures in the vicinity of Bischofszell, which with few exceptions extend continuously through the landscape. The population in the known quarters increased between 2021 and 2022. However, a statement about the long-term development could not be made due to the lack of figures collected over an extended period of time. It is suspected that not all roosts are known yet, as calls of serotine bats were still recorded during the commuting corridor search even when no more emerging bats were counted at the known roosts. Therefore, a further research objective should be to locate additional roosts. One way to achieve this would be through the use of telemetry.

A used commuting corridor could be determined on a length of about 1 km. This corridor will be verified in the following year and handed over to the canton to be entered in the GIS database in order to be considered by the municipality in future projects. Where necessary, the corridor should be improved. Potential for improvement arises primarily with regard to artificial light. It has been shown that overall bat activity is high along the corridor found. This leads to the assumption that other bat species would benefit from the protection of this corridor as well.

Dank

Folgenden Personen möchte ich für die Unterstützung bei meiner Bachelorarbeit herzlich danken:

- Dr. Stefan Suter für die Betreuung vonseiten der ZHAW und das Zurverfügungstellen der Audiomoths,
- Marius und Franziska Heeb für die Betreuung vonseiten des Fledermausschutzes Thurgau, das Zurverfügungstellen der Batlogger, Wärmebildkameras und Nachtsichtgeräte sowie der Daten der Ausflugszählungen, die Hilfe bei der Korridorsuche und die Beratung bei Fachfragen,
- Daniel Hafner für die tatkräftige Unterstützung bei der Feldarbeit,
- Den Korrektorinnen für die Durchsicht der finalen Arbeit.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Material und Methoden.....	4
2.1	Untersuchungsgebiet	4
2.2	Ermittlung potenzieller Flugkorridore	5
2.3	Koordinierte Ausflugszählung	7
2.4	Ermittlung genutzter Flugkorridore	8
3	Resultate	10
3.1	Potenzielle Flugkorridore.....	10
3.2	Ausflugszählungen und Bestandsentwicklung	13
3.3	Genutzte Flugkorridore.....	14
4	Diskussion.....	18
4.1	Potenzielle Flugkorridore.....	18
4.2	Bestandsentwicklung bekannter Quartiere, Vermutung weiterer Quartiere und Quartierschutz.....	20
4.3	Erhebung der Daten zur Bestimmung des genutzten Flugkorridors.....	21
4.4	Vergleich des Einsatzes von Audiomoth und Batlogger.....	21
4.5	Analyse von Rufsequenzen.....	22
4.6	Beurteilung des gefundenen Flugkorridors und Diskussion von Alternativen	23
5	Fazit und Ausblick	26
6	Literaturverzeichnis	27
	Abbildungsverzeichnis.....	35
	Tabellenverzeichnis.....	37
	Anhang.....	I

1 Einleitung

Fledermäuse sind aufgrund ihrer Ökologie abhängig von unterschiedlichen funktionellen Lebensräumen, die sich abhängig vom Geschlecht und im Jahresverlauf unterscheiden können (Dietz et al., 2007). Die Lebensräume können grob in Quartier- und Jagdlebensräume sowie Flugkorridore unterteilt werden. Bei den Quartierlebensräumen wird wiederum zwischen Wochenstuben, Einzel-, Winterschlaf- sowie Schwärm- und Balzquartieren unterschieden. Durch diese Vielzahl an Lebensräumen entstehen auch unterschiedlichste Bedrohungen, die Fledermäuse in ihrer Verbreitung gefährden können (Krättli et al., 2012). Quartiere in und an Gebäuden, welche von den meisten Arten als Wochenstuben zur Jungenaufzucht genutzt werden, können zum Beispiel durch Umnutzung von Dachstöcken oder Gebäudesanierungen ohne Berücksichtigung des Fledermausschutzes verloren gehen (Bohnenstengel et al., 2014). Beleuchtete Fassaden an Gebäuden mit Quartieren können einen verspäteten oder unterlassenen Ausflug oder die Aufgabe eines Quartiers bewirken (Stone et al., 2015). Die Jagdlebensräume sind unter anderem bedroht durch den Verlust von strukturreichen Grünflächen in Siedlungen, die Nutzungsintensivierung in der Landwirtschaft und der damit verbundenen Ausräumung der Landschaft oder den Rückgang von Insekten (Beck et al., 2006; Bohnenstengel et al., 2014; Boyes et al., 2021; Frey-Ehrenbold et al., 2013; Kurtze, 2012).

Für die Verbindung von Quartier- und Jagdlebensräumen sowie von Quartieren untereinander sind intakte Flugkorridore mit nachtdunklen, vertikalen Strukturen zur Orientierung mittels Echolot unerlässlich (Frey-Ehrenbold et al., 2013; Limpens & Kapteyn, 1991; Stone et al., 2009; Verboom & Huitema, 1997). Dies können zum Beispiel Hecken, Waldränder und Baumreihen, aber auch unbeleuchtete Gebäude oder sogar Bahnlinien sein (Mattei-Roesli et al., 2007; Schaub & Schnitzler, 2007; Vandeveld et al., 2014). Oft werden Flugkorridore gleichzeitig als Jagdlebensraum genutzt (Limpens & Kapteyn, 1991; Robinson & Stebbings, 1997). Unterbrochene Korridore können dazu führen, dass die Fledermäuse grössere Distanzen zu ihren Futterhabitaten zurücklegen müssen oder im schlimmsten Fall ein Jagdgebiet gar nicht mehr erreichen (Bohnenstengel et al., 2014; Kurtze, 2012). Auch künstliches Licht kann eine Vermeidung von Flugkorridoren, einen Unterbruch zwischen Quartieren und Jagdlebensräumen und somit reduzierte Fitness bewirken (Stone et al., 2009). Ungenügende Vernetzung aufgrund der Fragmentierung der Landschaft zum Beispiel durch Strassen kann ausserdem eine Isolation von Beständen und somit Abnahme der genetischen Vielfalt zur Folge haben (Bennett & Zurcher, 2013; Dool et al., 2016).

Die Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*) ist in Europa weitverbreitet und gilt als nicht gefährdet, in der Schweiz wird sie jedoch durch den geringen und sinkenden Bestand als verletzlich eingestuft (Bohnenstengel et al., 2014; Krättli et al., 2012). Sie ist eine national prioritätäre Art mit höchster Priorität und klarem Massnahmenbedarf (BAFU, 2019) und ausserdem

eine Zielart für Massnahmen zur Biodiversität im Wald (Imesch et al., 2015). Die grössten Bestände weist sie in den wärmeren Zonen der Schweiz bis maximal 1000 m. ü. M. im Tessin, Rheintal, Jura und am Bodensee auf (Abbildung 1) (Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz, 2021).

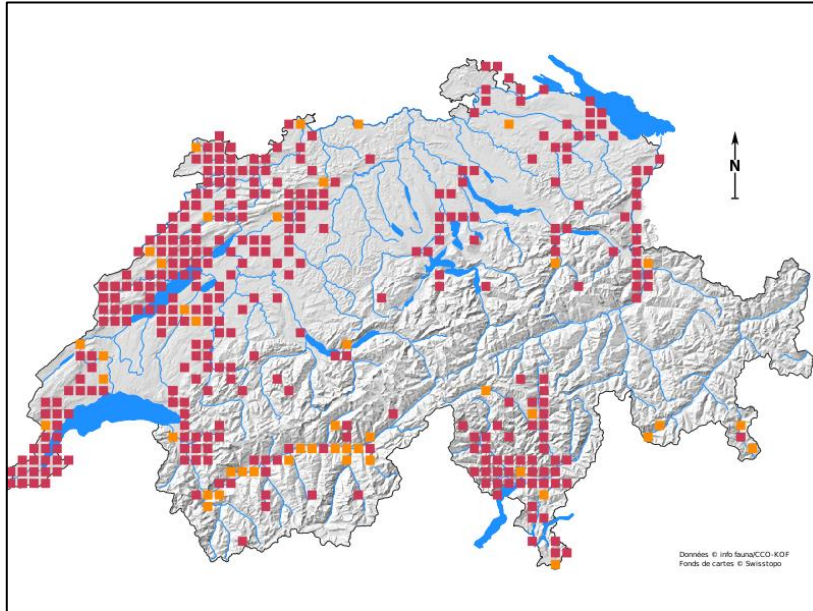


Abbildung 1: Verbreitung der Breitflügelfledermaus in der Schweiz. Rote Vierecke zeigen Daten ab 2019, orange Vierecke solche vor 2019 (Daten: info fauna/CCO/KOF, 2022; Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J.).

Die Geburt und Aufzucht der Jungen erfolgt grösstenteils in Gebäuden und auch Einzelquartiere befinden sich oft in oder an Gebäuden. Für den Winterschlaf werden neben Höhlen und Stollen ebenfalls Gebäude genutzt (Dietz et al., 2007). Diese Bindung an Gebäude macht die Breitflügelfledermaus besonders empfindlich auf Gebäudesanierungen, die nicht im Sinn des Fledermausschutzes durchgeführt werden. Als Flugkorridor bevorzugt sie vertikale Strukturen wie Hecken, Baumreihen oder Waldränder und nutzt diese auch als Jagdgebiet, kann jedoch auch über Wiesen und Weiden bei der Jagd im freien Luftraum beobachtet werden (Mattei-Roesli et al., 2007; Robinson & Stebbings, 1997; Verboom & Huitema, 1997). Ihre Hauptnahrung besteht aus Mai-, Juni- und Dungkäfern, aber auch Nachtfalter, Schlupfwespen und Wanzen bilden einen grossen Bestandteil des Beutespektrums, welches je nach saisonaler Verfügbarkeit angepasst wird (Beck et al., 2006; Kervyn & Libois, 2008; Zukal & Gajdošik, 2012). Die Intensivierung der Landwirtschaft und als Folge das Fehlen von Strukturen sowie die intensive Bekämpfung von Maikäfern könnten Ursachen dafür sein, dass die Breitflügelfledermaus im Mittelland kaum noch zu finden ist (Beck et al., 2006; Bohnenstengel et al., 2014). Der Einfluss von künstlichem Licht auf das Verhalten der Breitflügelfledermaus ist noch nicht abschliessend geklärt. Einerseits scheint sie von der verstärkten Anziehung von Insekten durch Strassenlampen zu profitieren und vermehrt im Lichtkegel von Strassenlampen zu jagen

(Stone et al., 2015; Straka et al., 2019; Voigt et al., 2021). Andererseits wurde auch schon eine Vermeidung von beleuchteten Gebieten sowie verspätete Aktivität nachgewiesen (Mariton et al., 2022; Mattei-Roesli et al., 2007).

In der Schweiz sind alle einheimischen Fledermausarten nach Art. 20, Abs. 2 der Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV), abgestützt auf Art. 20 des Bundesgesetzes über den Natur- und Heimatschutz (NHG), sowie mit einer Ausnahme nach Art. 6 der Berner Konvention geschützt. Zuständig für die Umsetzung der gesetzlichen Schutzbestimmungen sind die Kantone. Zu diesem Zweck sind in allen Kantonen Fledermausschutz-Beauftragte im Einsatz, deren Schutzaktivitäten durch die Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz koordiniert werden (Krättli et al., 2012). Die Fledermausschutz-Beauftragten sind unter anderem zuständig für die Betreuung von Wochenstubenquartieren und Erfassung von Flugkorridoren.

Die Sicherung von Wochenstubenquartieren ist sehr wichtig, um den Bestand bedrohter Fledermausarten zu erhalten und im Idealfall zu erhöhen. Dazu sollten vorhandene Quartiere sowie die Entwicklung des Bestands bekannt sein. Ausserdem sollten ermittelte Flugkorridore in der Nutzungsplanung der Gemeinden festgehalten werden, um die Verbindung zwischen Quartieren und in Jagdgebiete zu schützen (Bohnenstengel et al., 2014). So kann zum Beispiel bei Strassenbauprojekten oder Bewirtschaftungsänderungen der Fledermausschutz rechtzeitig hinzugezogen werden. Fledermäuse haben mit meist nur einem Jungtier pro Weibchen jährlich eine sehr geringe Fortpflanzungsrate. Fördermassnahmen wirken aus diesem Grund nur sehr langsam und es ist wichtig nicht nur die Bestände zu schützen, sondern auch deren Vernetzung in Form von Flugkorridoren zu fördern (Krättli et al., 2012).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Bestand der Breitflügelfledermaus in der Altstadt von Bischofszell mithilfe von koordinierten Ausflugszählungen zu ermitteln. Ausserdem wurden potenzielle Flugkorridore im Umkreis von Bischofszell mittels einer Multikriterien-Analyse bestimmt. Im Feld wurde schliesslich ausgehend von einem bekannten Quartier ein Abschnitt eines von Breitflügelfledermäusen genutzten Flugkorridors mithilfe von Bioakustik und visuellen Geräten identifiziert.

Folgende Fragen dienten als Grundlage:

- Welche Ansprüche haben Breitflügelfledermäuse an ihren Lebensraum?
- Wie hat sich der Bestand entwickelt?
- Welche potenziellen Flugkorridore gibt es? Nutzen die Fledermäuse einen oder mehrere davon?
- Mit welchen Massnahmen kann der Bestand gefördert werden?

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiet

Die Zählungen wurden in der Altstadt von Bischofszell im Südosten des Kantons Thurgau durchgeführt (Abbildung 2). Sie war auch Ausgangspunkt für die Ermittlung der Flugkorridore. Der Kanton Thurgau weist eines der wenigen grösseren Vorkommen von Breitflügelfledermäusen in der Schweiz auf (Heeb, 2016). Die Gegend um Bischofszell ist wie der gesamte Kanton Thurgau landwirtschaftlich geprägt. Ungefähr 50 % der Gemeindefläche von Bischofszell wird landwirtschaftlich genutzt, in den umliegenden Gemeinden beträgt der Anteil sogar mehr als 50 %. Rund 25 % der Gemeindefläche von Bischofszell besteht aus Wald und 20 % wird zur Siedlungsfläche gezählt. Die restlichen gut 5 % der Gemeindefläche setzen sich zusammen aus unproduktiven Flächen, wozu unter anderem Fließgewässer zählen (Dienststelle für Statistik, o. J.).

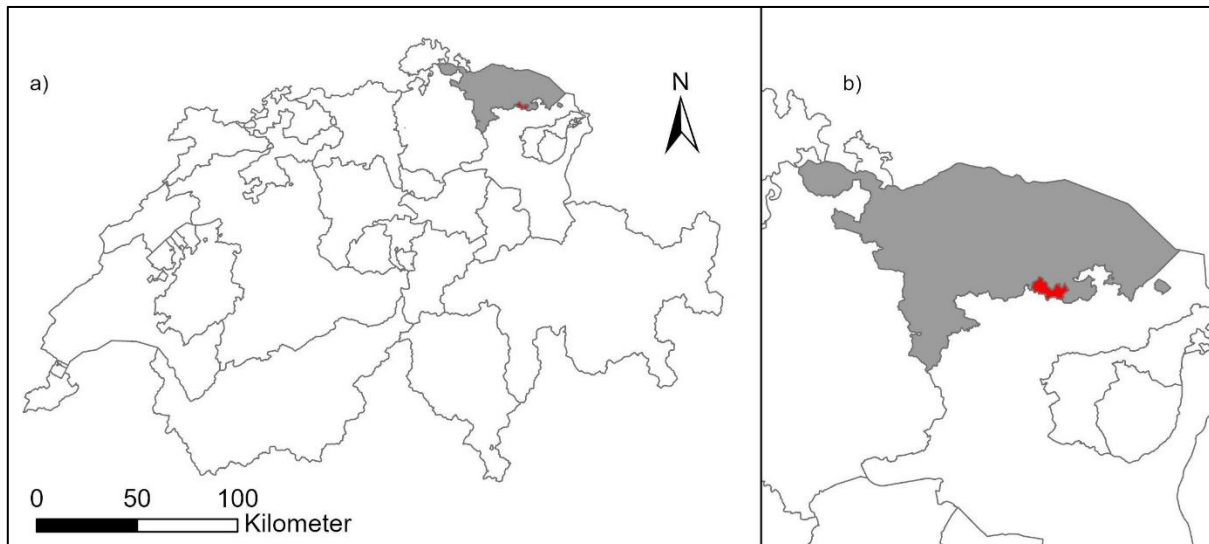


Abbildung 2: a) Lage des Kantons Thurgau (grau) in der Schweiz, b) Lage von Bischofszell (rot) im Kanton Thurgau (grau) (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2022, verändert).

In der Altstadt von Bischofszell gibt es vier bestätigte Quartiere der Breitflügelfledermaus. Zwei Quartiere befinden sich an Privatadressen, weshalb deren Standort aus Datenschutzgründen in dieser Arbeit nicht bekannt gegeben wird. Sie werden in der Folge als Standort 1 und 2 bezeichnet. Bei beiden Quartieren handelt es sich um Wochenstubenquartiere. Ein weiteres Wochenstubenquartier befindet sich im Rathaus, welchem 2020 die Plakette "Fledermausquartier von nationaler Bedeutung" verliehen wurde (Verein Fledermausschutz Thurgau, 2022). Vom vierten Quartier im Kirchturm ist nicht bekannt, ob es sich um ein Wochenstubenquartier handelt. Es werden weitere Quartiere vermutet, deren Standort ist aber nicht bekannt (M. Heeb, persönliche Kommunikation, Mai 2022).

2.2 Ermittlung potenzieller Flugkorridore

Die potenziellen Flugkorridore wurden anhand einer Multikriterien-Analyse mit ArcGIS Pro 3.0.3 (ESRI, 2022) ermittelt. Dazu wurden Kriterien beziehungsweise Strukturen mit positivem und solche mit negativem Einfluss auf die Eignung als Flugkorridor bestimmt und miteinander überlagert. Die verwendeten Datengrundlagen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Das Prozessmodell sowie das Analyseprotokoll sind in Anhang A ersichtlich.

Tabelle 1: Datensätze, die für die Ermittlung potenzieller Flugkorridore verwendet wurden. Zusätzlich angegeben sind, wofür der jeweilige Datensatz in der Analyse verwendet wurde sowie der Datentyp, Datenherr und Erstellungsjahr.

Datensatz	Verwendungszweck	Daten- typ	Datenherr, Erstel- lungsjahr
Topografisches Landschaftsmodell der Schweiz swissTLM3D 2.0	TLM_BODENBEDECKUNG_OST: Layer mit Waldflächen TLM_EINZELBAUM_GEBUESCH _OST: Layer mit Bäumen TLM_STRASSE: Layer mit Distanzen zu Strassen ab 6 m Breite, Erstellung Layer mit unbeleuchteten Gebäuden TLM_EISENBAHN: Layer mit Bahnl linien als Korridorstruktur TLM_GEBAEUDE_FOOT- PRINT_OST: Erstellung Layer mit unbeleuchteten Gebäuden	Vektor	Bundesamt für Lan- destopografie swisstopo, 2022b
CORINE Land Cover (CLC) 2018, Version 2020_20u1	Projiziert auf das Koordinatensystem CH1903+ LV95 Darstellung von Flächen mit linearen Korridorstrukturen (= heterogene Flä- chen)	Vektor	Copernicus Land Monitoring Service, 2019
Swiss Map Raster 100, schwarz- weiss	Hintergrundkarte	Raster	Bundesamt für Lan- destopografie swisstopo, 2022a

Der Mittelpunkt des Untersuchungsgebiets wurde beim Rathaus von Bischofszell gesetzt und der Radius auf 6 km festgesetzt. Der Radius wurde durch die Bildung des Mittelwertes verschiedener Angaben zur Grösse von Streifgebieten oder Pendeldistanzen in der Literatur definiert (Kyheröinen et al., 2019; Robinson & Stebbings, 1997; Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz, 2021; Simon et al., 2022). Als positiv betrachtet wurden Waldränder, Einzelbäume, Flächen mit linearen Strukturen, unbeleuchtete Gebäude und Bahnlinien (Mattei-Roesli et al., 2007; Schaub & Schnitzler, 2007; Vandeveldde et al., 2014; Verboom & Huitema, 1997). Als negativ gewertet wurde der Einfluss von Strassen ab einer Breite von 6 m (Bennett & Zurcher, 2013; Claireau et al., 2019; Medinas et al., 2019).

Um die Waldränder zu definieren, wurden aus dem Datensatz TLM_BODENBEDECKUNG_OST alle Kategorien ausgewählt, die Wald darstellen und zu einem Layer zusammengeführt. Anschliessend wurde ein Layer erstellt, auf dem die Aussengrenzen der Waldflächen als Linien dargestellt sind.

Für die Flächen mit linearen Strukturen wurden von CORINE Land Cover diejenigen Klassen ausgewählt, bei denen aufgrund der Produktdokumentation (Bossard et al., 2000) angenommen wurde, dass es sich um strukturreiche Flächen mit weiteren für Flugkorridore geeigneten Strukturen wie zum Beispiel Hecken handelt. Es wurden neben heterogenen landwirtschaftlichen Flächen auch Golfplätze zu den Flächen mit linearen Strukturen gezählt. Zwei der drei Golfplätze im Untersuchungsgebiet weisen die Geo-Zertifizierung für nachhaltige Golfplätze auf und bei der Planung des dritten wurden unter anderem Naturschutzspezialisten miteinbezogen (GEO Foundation for Sustainable Golf, o. J.; Golfclub Erlen, o. J.). Daraus ergab sich die Annahme, dass auf diesen Golfplätzen naturnahe Flächen mit linearen Strukturen vorhanden sind.

Zur Bestimmung der unbeleuchteten Gebäude wurde aufgrund eigener Beobachtungen angenommen, dass an beleuchteten Strassen das Licht bis rund 5 m über den Strassenrand hinaus reicht. Anhand dieser Annahme wurden alle Teile von Gebäuden, die nicht in diesen Bereich fallen, als unbeleuchtet definiert.

Bei jedem Layer mit positiven Kriterien wurde die Euklidische Distanz zur jeweiligen Struktur berechnet und dieser Distanz anschliessend die Eignungskategorien 1 bis 5 (schlecht bis sehr gut) zugeteilt. Die jeweils niedrigste Distanz entspricht dabei der besten Eignung mit abnehmender Eignung bei zunehmender Distanz zur Struktur. Der Übergangswert, welchem der mittlere Eignungswert (in diesem Fall 3) zugeteilt wurde, wurde für alle positiven Kriterien bei 50 m gesetzt. Die Festlegung dieses Werts beruht auf der Schätzung von Stiliz & Schnitzler (2012). Diese besagt, dass die Reichweite der Echolotrufe von Fledermäusen bei grossen Objekten wie Landschaftsstrukturen maximal 50 m betragen kann.

Bei den Strassen mit negativem Einfluss wurde angenommen, dass je geringer die Distanz zu einer Strasse mit erwartetem negativem Einfluss, desto negativer der Einfluss auf die Aktivität der Breitflügelfledermäuse ist. Entsprechend dieser Annahme wurden der Distanz zu Strassen mit erwartetem negativem Einfluss die Eignungswerte 1 für geringe Distanzen bis 5 für grosse Distanzen (schlecht bis sehr gut) zugeteilt. Als Übergangspunkt wurde eine Distanz von 300 m definiert (Medinas et al., 2019).

Abschliessend wurden eine Überlagerung aller Layer durchgeführt und der Ergebnislayer nach der Eignung als Flugkorridor in drei Kategorien (sehr gut, gut, schlecht) eingefärbt. Die Klasse mit den höchsten Werten entspricht einer sehr guten Eignung, während der Klasse mit den niedrigsten Werten die schlechte Eignung zugeordnet wurde.

Bei der Durchführung der Analyse fiel auf, dass sich in heterogenen Flächen zahlreiche Baumlinien und Flächen dicht aneinander stehender Bäume befinden und sich die Flächen teilweise mit Wald überschneiden. Dies führte zu der Annahme, dass auch ohne heterogene Flächen genügend Strukturen vorhanden sein könnten. Um dies zu prüfen wurde eine weitere Überlagerung ohne Berücksichtigung der heterogenen Flächen durchgeführt. Der Ergebnislayer dieser Überlagerung wurde ebenfalls nach den drei Eignungskategorien "sehr gut", "gut" und "schlecht" eingefärbt.

2.3 Koordinierte Ausflugszählung

Die koordinierten Ausflugszählungen wurden mithilfe von freiwilligen Helfern am 1. Juni sowie am 1. und 14. Juli 2022 durchgeführt. Sie erfolgten als Ergänzung zu drei Zählungen am 20. Mai, 15. Juni und 8. August im vorangehenden Jahr. Bei Gewitter, Niederschlag oder starkem Wind wurden keine Zählungen durchgeführt. Die Zählung wurde jeweils etwa zehn bis zwanzig Minuten nach Sonnenuntergang gestartet und abgebrochen, wenn während 10 Minuten keine weiteren Ausflüge erfolgten. Wenn gar keine Ausflüge beobachtet werden konnten, wurde die Zählung nach einer Stunde beendet. Es wurden gleichzeitig alle Ausflugöffnungen mithilfe von auf Stativen befestigten Nachtsichtgeräten oder Wärmebildkameras (verschiedene Modelle) beobachtet. Vom Fledermausschutz Thurgau wurden zwei Wärmebildkameras Pulsar Helion 2 XP38 (Yukon Advanced Optics Worldwide, Vilnius Litauen) mit einem 38er beziehungsweise einem 28er Objektiv (Vergrösserung 1.9 – 15.2 respektive 1.4 – 11.2) sowie bis zu vier Nachtsichtgeräte Zavarius DN-700 (Pearl GmbH, Buggingen, Deutschland) zur Verfügung gestellt. Teilweise wurden von den freiwilligen Helfern eigene Geräte eingesetzt, von diesen sind die Modelle nicht bekannt. Je nach Eignung der Geräte wurden die Ausflüge gefilmt und mithilfe der Videos nachträglich verifiziert. Auf die Positionen und Blickrichtung der Geräte wird hier aus Datenschutzgründen wie im Abschnitt "Untersuchungsgebiet" erläutert nicht eingegangen.

2.4 Ermittlung genutzter Flugkorridore

Die Flugkorridore wurden im Zeitraum vom 1. Juli bis 9. August 2022 mithilfe von akustischen und visuellen Aufnahmegegeräten ermittelt. Es wurde auf dieselben Witterungsbedingungen wie bei der koordinierten Ausflugszählung geachtet und jeweils ungefähr zehn bis zwanzig Minuten nach Sonnenuntergang mit den Video- und Rufaufnahmen gestartet. Die Geräte (Tabelle 2) waren während rund zweieinhalb Stunden pro Abend im Einsatz.

Tabelle 2: Eingesetzte Geräte für Video- beziehungsweise Audioaufnahmen.

Gerät	Anzahl	Video / Audio	Zubehör
Wärmebildkamera Pulsar Helion 2 XP38 (Yukon Advanced Optics Worldwide, Vilnius, Litauen) mit 38er Objektiv (Vergrösserung 1.9 – 15.2)	1	Video	Stativ
Wärmebildkamera Pulsar Helion 2 XP38 (Yukon Advanced Optics Worldwide, Vilnius, Litauen) mit 28er Objektiv (Vergrösserung 1.4 – 11.2)	1	Video	Stativ
Nachtsichtgerät Zavarius DN-700 (Pearl GmbH, Buggingen, Deutschland)	1 – 2	Video	Stativ
Batlogger M, Firmware Version 2.6.2 (Elektron AG, Luzern, Schweiz)	1	Audio	–
Batlogger C, Firmware Version 2.4.6 (Elektron AG, Luzern, Schweiz)	1	Audio	–
Audiomoth 1.0.0 (Hill et al., 2017)	2	Audio	Stativ (wo möglich, Befestigung an vorhandenen Strukturen) Schutzgehäuse oder Plastik-Zip-Beutel

Die Wärmebildkameras und Nachtsichtgeräte wurden auf kleinste Vergrösserung eingestellt und filmten immer während der gesamten Dauer pro Aufnahmeabend. Bei den Nachtsichtgeräten wurde Infrarot-Licht bis maximal Stufe 3 dazugeschaltet. Die Videoaufnahmen wurden

von Auge ausgewertet und mit den Aufnahmen der Rufe verglichen, um zu ermitteln, ob es sich bei den gefilmten Durchflügen um Breitflügelfledermäuse handelte.

Beide Batlogger waren mit einer Samplingrate von 312.5 kHz, einer Amplitudenauflösung von 16 bits und Standardeinstellungen programmiert (Elekon AG, 2015, 2020). Der Batlogger M wurde jeweils am Boden mit nach oben gerichtetem Mikrofon platziert. Das Mikrofon des Batloggers C war über ein Kabel mit dem Gehäuse verbunden und wurde ebenfalls mit Ausrichtung nach oben an vorhanden Strukturen befestigt. Bei der Platzierung beider Batlogger wurde darauf geachtet, dass die Mikrofone nicht von Vegetation überdeckt waren.

Die Audiomoths wurden mit einer Samplingrate von 96 kHz, einem mittleren Verstärkungsfaktor (Gain) und einem Bandfilter von 20 – 35 kHz programmiert. Sie wurden, wenn möglich an vorhandenen Strukturen, ansonsten an Stativen auf einer Höhe von mindestens 1.5 Metern ab Boden befestigt (Bader et al., 2017). Es wurde ausserdem darauf geachtet, dass die Mikrofone mindestens 1.5 Meter entfernt von jeglicher Vegetation oder anderen Hindernissen platziert wurden, um akustische Interferenzen zu vermeiden (Geiger, 2020; Newson et al., 2015). Wo dies nicht möglich war, wurde diese Distanz wenigstens im Wirkungsbereich des Mikrofons eingehalten.

Die Aufnahmen der Batlogger und Audiomoths wurden mithilfe von BatScope 4.1.1 analysiert (Obrist & Boesch, 2018). Die Audiomoth-Files wurden vor der Analyse in BatScope aufgrund des grossen Umfangs an Daten mit dem Audio-Bearbeitungsprogramm Audacity 3.0.2 (Audacity Team, 2021) geschnitten. Rufe, welche den 95 %-Konfidenzintervall-Test der Rufeigenschaften "Rufdauer", "Peakfrequenz" und "Bandweite" nicht erfüllten, wurden von der weiteren Analyse ausgeschlossen (WSL Birmensdorf, 2019). Sequenzen, die zwar einzelne Rufe von Breitflügelfledermäusen enthielten, bei denen aber nicht die Breitflügelfledermaus als häufigste Spezies bestimmt wurde, wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Die Flugkorridore wurden ausgehend vom Quartier im Rathaus ermittelt. Dazu wurden die Geräte jeweils entlang eines Abschnitts der vermuteten Flugroute positioniert. Die Standorte der Geräte pro Aufnahmeabend sind auf den Karten im Resultate-Teil aufgeführt (Abbildung 6, 7 & 8). Die Aufnahmen wurden nach jedem Abend zeitnah ausgewertet und abhängig vom Ergebnis die Positionen für den nächsten Aufnahmeabend bestimmt. Dadurch wurden die Korridore stückweise erfasst. Die stückweise Erfassung von Korridoren ist möglich, da Fledermäuse im Normalfall dieselben Korridore über längere Zeit nutzen (Bose, 2019; Limpens & Kapteyn, 1991). Die Ergebnisse der Auswertungen wurden abschliessend in Karten zusammengefasst und ausgehend davon die Flugkorridore bestimmt.

3 Resultate

3.1 Potenzielle Flugkorridore

Die Analyse potenzieller Flugkorridore ergab keine eindeutigen Routen, sondern vielmehr ein Netzwerk an Strukturen, denen die Fledermäuse folgen könnten. Für einen Grossteil des Untersuchungsgebiets resultierte unter Einbezug aller Faktoren eine gute Eignung als Flugkorridor (Abbildung 3). Es zeigte sich, dass im Untersuchungsgebiet um Bischofszell zahlreiche zur Orientierung geeignete Strukturen vorhanden sind. Ausserdem scheinen sich die Strukturen ohne grössere Unterbrechungen durch das Gebiet zu erstrecken. Des Weiteren sind nur wenig isolierte Strukturen vorhanden, welche sich grösstenteils im südlichen Teil des Untersuchungsgebiets befinden.

Eine sehr gute Eignung als Flugkorridor ergab sich vor allem in Gebieten mit unbeleuchteten Gebäuden, die in heterogenen Flächen und/oder nah an einem Waldrand liegen sowie eine hohe Anzahl Bäume aufweisen. Es resultierten in wenigen Fällen Flächen mit sehr guter Eignung direkt an Strassen mit erwartetem negativem Einfluss. Dies ist dann der Fall, wenn mindestens vier der fünf positiven Faktoren erfüllt werden. Das heisst, wenn die Strasse durch eine Gegend mit unbeleuchteten Gebäuden und Bäumen sowie parallel zu einer Bahnlinie verläuft und sich ausserdem nahe an einem Waldrand und/oder in geringer Distanz zu einer heterogenen Fläche befindet.

Ein möglicher Korridor könnte zum Beispiel ausgehend vom südwestlichen Siedlungsgebiet von Bischofszell entlang der Thur in Richtung von Niederhelfenschwil führen. Von diesem Teil des Siedlungsgebiets aus wäre auch ein Flug südwärts in Richtung Arnegg denkbar. Dabei müsste zwar unmittelbar nach dem Verlassen des Siedlungsgebiets eine Strasse mit negativer Wirkung gekreuzt werden. Danach könnte aber nach einem Stück entlang der Eisenbahn, die von Wäldern gesäumt ist, der Flug in direkter südlicher Richtung fortgesetzt werden. Auch nach Nord und West wurden direkte Verbindungen aus Bischofszell hinaus gefunden, wovon eine sogar einer Strasse mit negativer Wirkung entlang führt. Einzig in östliche Richtung wurde keine direkte Verbindung gefunden. Aber auch Gebiete im Osten könnten über kürzere Umwege, die zunächst in nördliche oder südliche Richtung führen, erreicht werden.

Wenn das Ergebnis der Überlagerung ohne Berücksichtigung der heterogenen Strukturen (Abbildung 4) mit demjenigen der Überlagerung aller Strukturen verglichen wird, fällt auf, dass die meisten Verbindungen bestehen bleiben. Der Anteil an isolierten Strukturen nimmt leicht zu und der Anteil an sehr guter Eignung ab. Auch bei der Überlagerung ohne Berücksichtigung heterogener Flächen ergaben sich einige Flächen mit sehr guter Eignung direkt an Strassen mit erwarteter negativer Wirkung. Dies ist allerdings nur der Fall, wenn alle positiven Faktoren (Nähe zu Waldrand, Bäumen, unbeleuchteten Gebäuden und Bahnlinien) erfüllt sind.

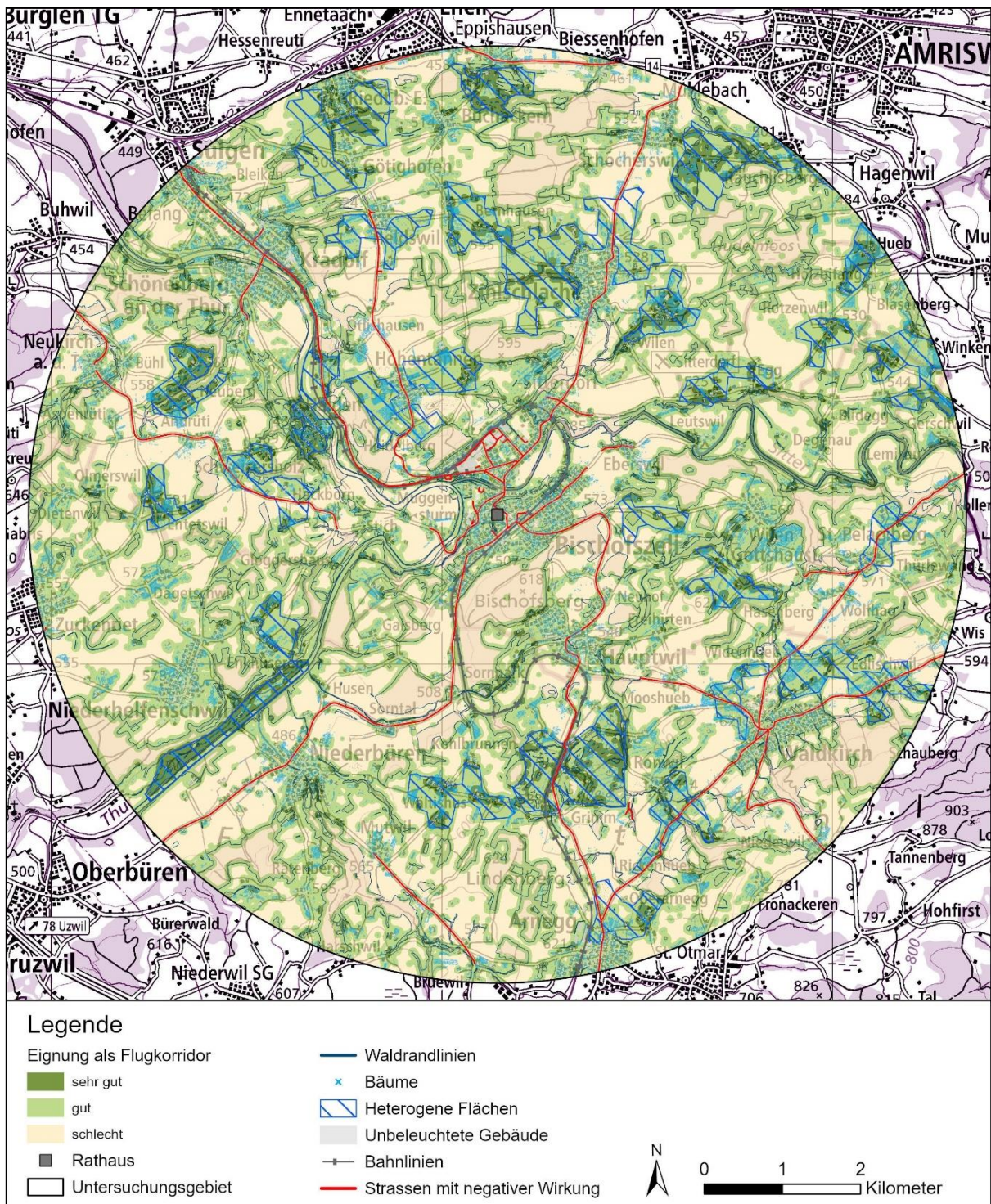


Abbildung 3: Beurteilung der Flugkoridoreignung im Untersuchungsgebiet um Bischofzell unter Berücksichtigung aller Strukturen. Die Kreuze, die Bäume anzeigen, sind auf der Karte sehr klein und erscheinen als hellblaue Flächen. Die unbeleuchteten Gebäude in Grau können in der Karte nur erahnt werden und befinden in den Bereichen, in denen auf der Hintergrundkarte Siedlungsflächen eingezeichnet sind.



Abbildung 4: Beurteilung der Flugkoridoreignung im Untersuchungsgebiet um Bischofzell ohne Berücksichtigung heterogener Flächen. Die Kreuze, die Bäume anzeigen, sind auf der Karte sehr klein und erscheinen als hellblaue Flächen. Die unbeleuchteten Gebäude in Grau können in der Karte nur erahnt werden und befinden in den Bereichen, in denen auf der Hintergrundkarte Siedlungsflächen eingezeichnet sind.

3.2 Ausflugszählungen und Bestandsentwicklung

Im Jahr 2021 wurden an Standort 2 mit einer Anzahl von 37 Individuen die meisten Ausflüge erfasst (Tabelle 3). Im Jahr 2022 dagegen erreichte das Quartier im Rathaus mit 31 Individuen die höchste Anzahl ausgeflogener Tiere und der Gesamtbestand zusammen mit dem Quartier an Standort 2 sogar 50 Tiere (Tabelle 4). Damit war der gezählte Gesamtbestand der bekannten Quartiere 2022 höher als 2021. An Standort 2 wurden jeweils nur bei den ersten Zählungen Mitte Mai 2021 respektive Anfang Juni 2022 Ausflüge gezählt. Das Quartier im Rathaus war 2021 nur Mitte Juni besetzt, 2022 dagegen sowohl Anfang Juni als auch Anfang Juli. Allerdings zeigte sich im Jahr 2022 im Rathaus eine deutliche Abnahme der Anzahl Ausflüge. An Standort 1 und in der Kirche konnten weder 2021 noch 2022 Ausflüge beobachtet werden. Auffallend ist, dass gegen Ende des Sommers keines der bekannten Quartiere mehr besetzt war. Über alle Quartiere betrachtet nahm der Bestand in beiden Jahren im Laufe des Sommers ab.

**Tabelle 3: Gezählte ausfliegende Tiere pro Quartier und Gesamtanzahl aller Quartiere aufgeteilt nach Zähl-
daten im Jahr 2021.**

Quartier	20.05.2021	15.06.2021	08.08.2021
Standort 1	0	0	0
Standort 2	37	0	0
Katholische Kirche	0	0	0
Rathaus	0	29	0
Total	37	29	0

**Tabelle 4: Gezählte ausfliegende Tiere pro Quartier und Gesamtanzahl aller Quartiere aufgeteilt nach Zähl-
daten im Jahr 2022.**

Quartier	01.06.2022	01.07.2022	14.07.2022
Standort 1	0	0	0
Standort 2	19	0	0
Katholische Kirche	0	0	0
Rathaus	31	10	0
Total	50	10	0

3.3 Genutzte Flugkorridore

Ausgehend vom Wochenstubenquartier im Rathaus konnten zwei Varianten eines Flugkorridors ermittelt werden. Variante 1 konnte über eine Länge von rund 0.8 km bestimmt werden und Variante 2 über eine Länge von rund 1.2 km (Abbildung 5). Eine grössere Karte des Flugkorridors ist in Anhang B zu finden. Der Korridor verläuft, abgesehen von kurzen Teilstücken innerhalb der Altstadt sowie der Brücke über die Thur, entlang von natürlichen linearen Strukturen er umfasst einige beleuchtete Abschnitte

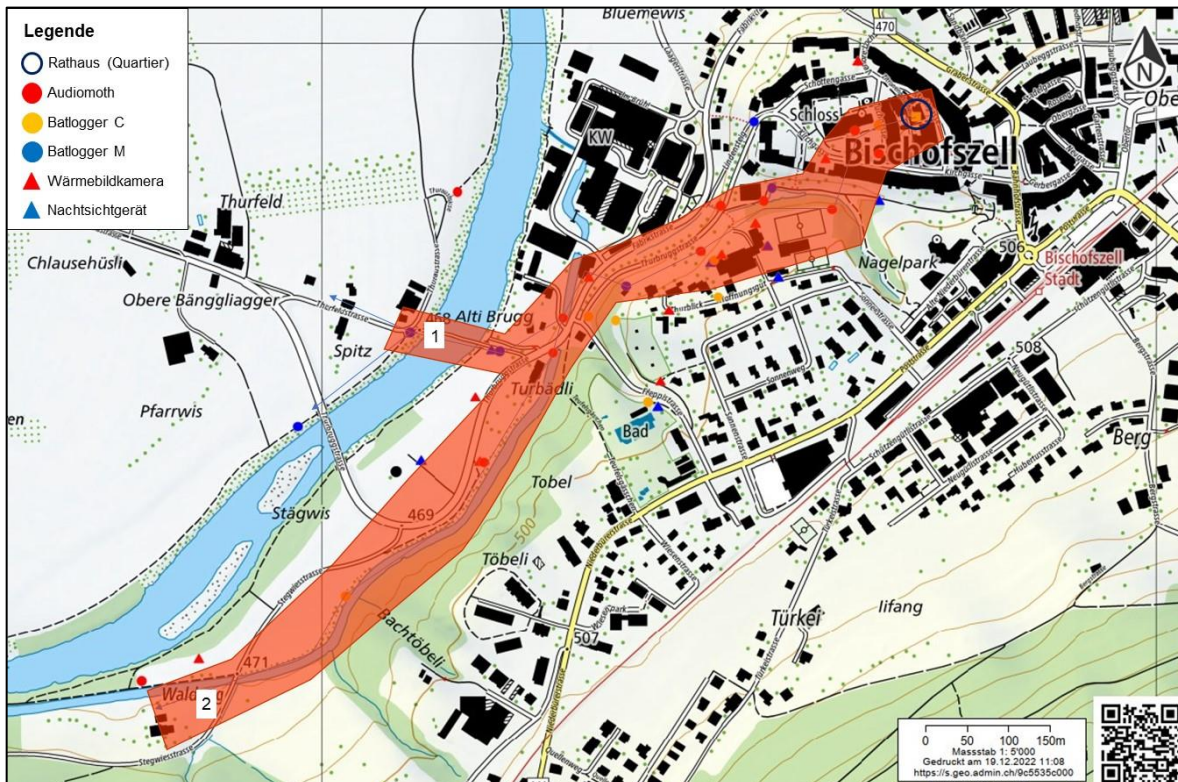


Abbildung 5: Ermittelter Flugkorridor ausgehend vom Wochenstubenquartier im Rathaus (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J., verändert).

Die Fledermäuse flogen vom Rathaus aus in westliche Richtung an der Kirche vorbei und von dort aus in südliche Richtung entweder direkt über die Dächer an der Kirchgasse oder durch einen Durchgang zwischen den Häusern. Es wurden auch welche beobachtet, die nach dem Ausfliegen direkt über die Dächer zwischen Zitronengässchen und Tuchgasse in Richtung Stadtbach geflogen sind. Am 12. Juli 2022 wurden mit dem Nachtsichtgerät, das am Stadtbach mit Blickrichtung bachabwärts positioniert war (CH1903+ LV95: 2'735'668.301/1'261'812.176, Abbildung 6) zahlreiche Überflüge über den Stadtbach in Richtung Sportplatz der Schule "Hoffnungsgut" erfasst. Es konnten jedoch keine davon eindeutig einer Sequenz von Breitflügelfledermäusen zugeordnet werden. Deswegen konnte nicht eindeutig bestimmt werden, wo der Stadtbach überquert wird. Die hohe Anzahl von als Breitflügelfledermaus identifizierten Sequenzen an der Nordost-Ecke des Sportplatzes (CH1903+ LV95: 2'735'611.921/

1'261'801.011, Abbildung 6) veranlasste jedoch zu der Annahme, dass die Tiere den Stadt-
bach auf jeden Fall überqueren. Ausgehend von diesem Punkt ergaben sich drei Varianten
des Weiterflugs bis zu der Böschung zwischen der Thurbruggstrasse und den Häusern am
Thurblick. Diese Varianten werden nachfolgend in der Diskussion erläutert.

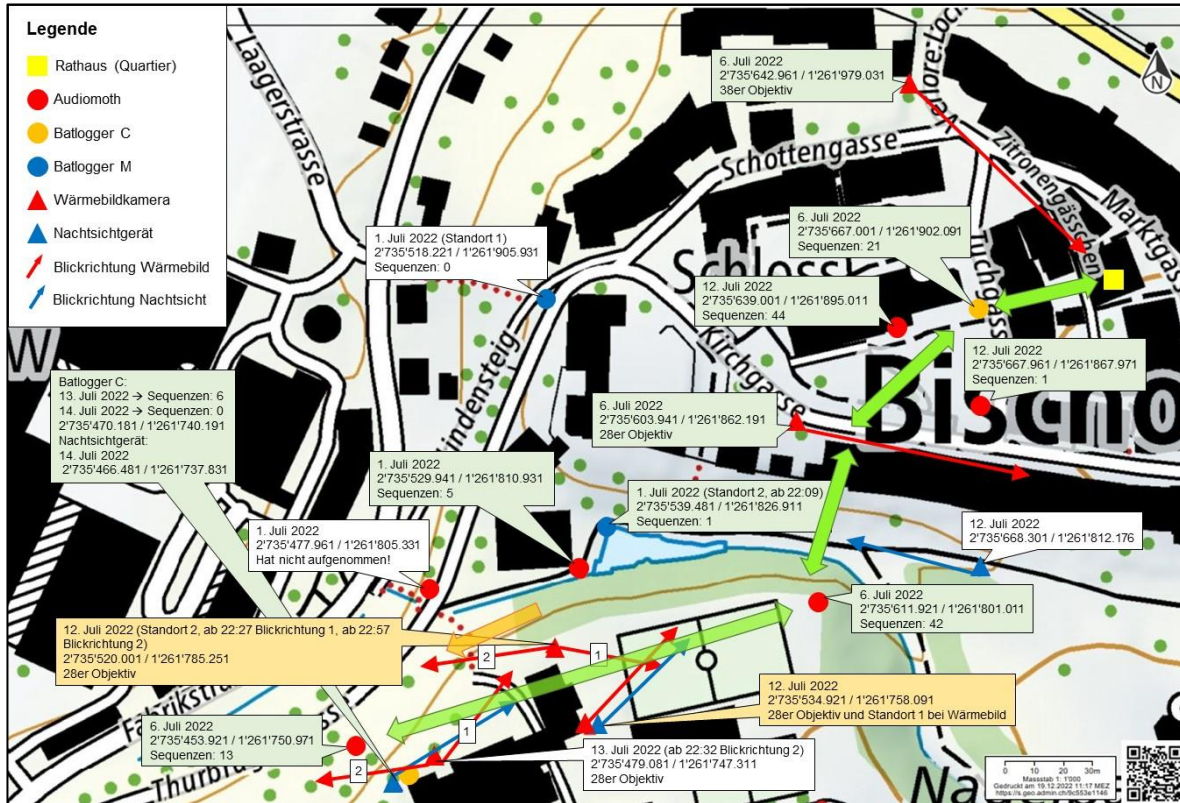


Abbildung 6: Standorte der eingesetzten Geräte ergänzt mit dem Einsatz-Datum. Die Koordinaten der Standorte sind im Schweizer Koordinatensystem CH1903+ LV95 angegeben. Die Blickrichtungen der Wärmebildkameras und Nachtsichtgeräte sind als Pfeile in Rot beziehungsweise Blau eingezeichnet. Bei den Wärmebildkameras ist zusätzlich das eingesetzte Objektiv angegeben. Falls während der Aufnahme die Blickrichtung verändert wurde, ist dies vermerkt. Für die Mikrofone ist jeweils die Anzahl erfasster Sequenzen angegeben, die in Batscope als Breitflügelfledermaus identifiziert wurden. Die mit Grün hinterlegten Legenden zeigen die Standorte, an denen eine eindeutige Zuordnung von Breitflügelfledermäusen möglich war, die mit Orange hinterlegten sind unsichere Zuordnungen und die mit Weiss hinterlegten konnten nicht zugeordnet werden. Pfeile in Grün zeigen die Richtung gefilmter Vorbeiflüge, die eindeutig zugeordnet werden konnten beziehungsweise die Verbindung zwischen Mikrofonen mit zeitlich übereinstimmenden Sequenzen am selben Aufnahmedatum. Orange Pfeile zeigen unsichere Zuordnungen an (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J., verändert).

Der Weiterflug ab der Böschung bis zum Standort des Audiomoths am Kanal etwa auf der Höhe, wo die Fabrik- in die Thurbruggstrasse übergeht (CH1903+ LV95: 2'735'289.121/1'261'671.151, Abbildung 7), konnte nicht eindeutig identifiziert werden. Hier wurde angenommen, dass die Tiere an irgendeinem Punkt entlang der Böschung die Thurbrugg- und die Fabrikstrasse überqueren und danach entlang der Häuser an der Fabrikstrasse zum soeben erwähnten Standort des Audiomoths am Kanal fliegen. Diese Überquerung findet aber vermutlich in gewisser Distanz zur Ecke Thurbrugg-/Fileppistrasse statt, da mit dem Batlogger, der an diesem Punkt positioniert war (CH1903+ LV95: 2'735'319.420/1'261'672.590, Abbildung 7),

keine Sequenzen von Breitflügelfledermäusen erfasst worden waren. Für den Weiterflug ab dem Punkt auf Höhe des Übergangs von der Fabrik- in die Thurstrasse (CH1903+ LV95: 2'735'289.121/1'261'671.151, Abbildung 7) wurden zwei Varianten gefunden.

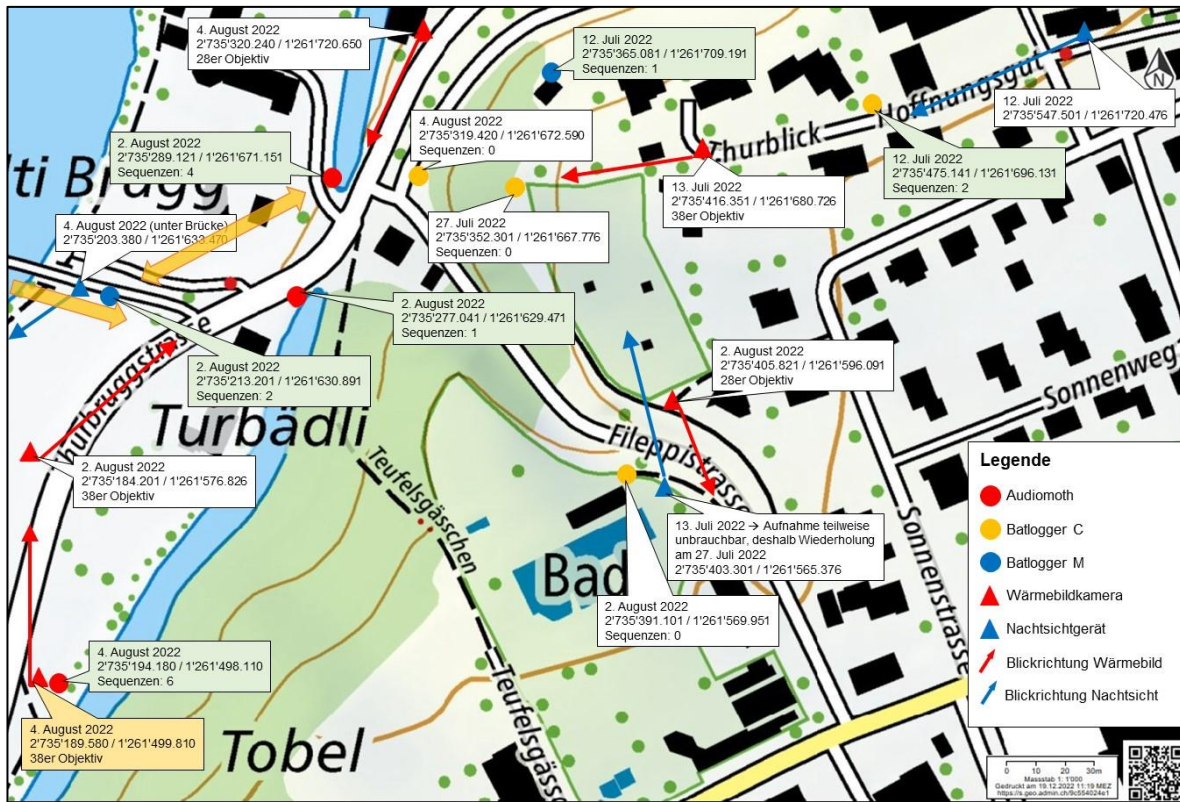


Abbildung 7: Standorte der eingesetzten Geräte ergänzt mit dem Einsatz-Datum. Die Koordinaten der Standorte sind im Schweizer Koordinatensystem CH1903+ LV95 angegeben. Die Blickrichtungen der Wärmebildkameras und Nachtsichtgeräte sind als Pfeile in Rot beziehungsweise Blau eingezeichnet. Bei den Wärmebildkameras ist zusätzlich das eingesetzte Objektiv angegeben. Für die Mikrofone ist jeweils die Anzahl erfasster Sequenzen angegeben, die in Batscope als Breitflügelfledermaus identifiziert wurden. Die mit Grün hinterlegten Legenden zeigen die Standorte, an denen eine eindeutige Zuordnung von Breitflügelfledermäusen möglich war, die mit Orange hinterlegten sind unsichere Zuordnungen und die mit Weiss hinterlegten Legenden konnten nicht zugeordnet werden. Orange Pfeile zeigen entweder gefilmte Vorbeiflüge mit Richtung, deren Zuordnung zu einer aufgenommenen Sequenz unsicher war oder unsichere zeitliche Übereinstimmungen zwischen am selben Aufnahmetag aufgenommenen Sequenzen (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J., verändert).

Bei Variante 1 überqueren die Fledermäuse die Thur vermutlich entlang der Alten Thurbrücke ("Alti Brugg" auf der Karte). Ab dem Standort des Batloggers am Westende der Alten Thurbrücke (CH1903+ LV95: 2'735'106.240/1'261'653.630, Abbildung 8) konnte diese Variante des Flugkorridors nicht mehr weiter verfolgt werden. Einzig ein Weiterflug am orographisch linken Thurufer abwärts wurde ausgeschlossen, da mit dem Audiomoth am linken Thurufer flussabwärts der Alten Thurbrücke (CH1903+ LV95: 2'735'162.600/1'261'822.190, Abbildung 8) keine Sequenzen von Breitflügelfledermäusen registriert werden konnten. Zwei Varianten des weiteren Verlaufs dieses Flugkorridors werden in der Diskussion vorgestellt. Variante 2 des Flugkorridors führt entlang des Kanals, der parallel zur Thur verläuft, aufwärts. Diese Variante konnte bis zur Waldegg verfolgt werden.

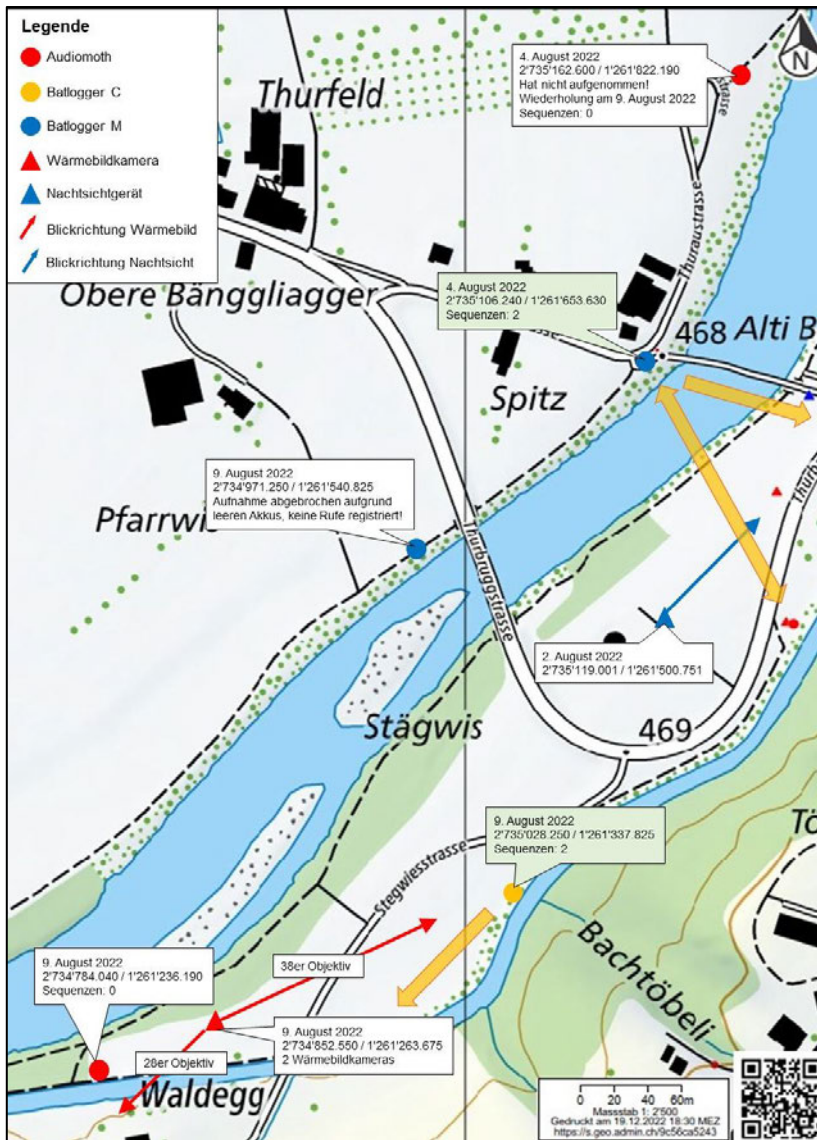


Abbildung 8: Standorte der eingesetzten Geräte ergänzt mit dem Einsatz-Datum. Die Koordinaten der Standorte sind im Schweizer Koordinatensystem CH1903+ LV95 angegeben. Die Blickrichtungen der Wärmebildkamera und Nachtsichtgeräte sind als Pfeile in Rot beziehungsweise Blau eingezeichnet. Bei den Wärmebildkameras ist zusätzlich das eingesetzte Objektiv angegeben. Für die Mikrofone ist jeweils die Anzahl Sequenzen angegeben, die in Batscope als Breitflügelfledermaus identifiziert wurden. Die mit Grün hinterlegten Legenden zeigen die Standorte, an denen eine eindeutige Zuordnung von Breitflügelfledermäusen möglich war, die mit Weiss hinterlegten konnten nicht zugeordnet werden. Orange Pfeile zeigen entweder gefilmte Vorbeiflüge mit Richtung, deren Zuordnung zu einer aufgenommenen Sequenz unsicher war oder unsichere zeitliche Übereinstimmungen zwischen am selben Aufnahmetag aufgenommenen Sequenzen (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J., verändert).

Bei der Beobachtung der Ausflüge vom Quartier im Rathaus am 6. Juli (Standort Wärmebildkamera: 2'735'642.961/1'261'979.031, Abbildung 6) fielen einige nah an der Kamera vorbeifliegende Fledermäuse aus Richtung des zweiten besetzten Quartiers (Standort 2) auf. Sie flogen in Richtung der Strasse "Verlore Loch" nordwärts. Da am Standort dieser Wärmebildkamera kein Mikrofon platziert war, konnte nicht ermittelt werden, ob es sich bei den vorbeifliegenden Tieren um Breitflügelfledermäuse handelte.

4 Diskussion

In dieser Arbeit wurde ersichtlich, dass in der Umgebung von Bischofszell zahlreiche geeignete Flugkorridorstrukturen vorhanden sind, die grösstenteils zusammenhängend sind. Damit ist aus Sicht des funktionellen Lebensraums der Flugkorridore ein gutes Potenzial für die Förderung von Breitflügelfledermäusen und anderen Fledermausarten vorhanden. Durch den hohen Anteil an landwirtschaftlichen Flächen im Gebiet ist auch der Anteil an möglichen Jagdlebensräumen hoch. Ab Mitte Juli 2022 konnten während der koordinierten Ausflugszählungen keine Ausflüge mehr gezählt werden. Im Rahmen der Flugkorridorsuche wurden jedoch noch bis im August Rufe von Breitflügelfledermäusen erfasst. Deshalb wird vermutet, dass in Bischofszell weitere, noch unbekannte Quartiere existieren. Durch Telemetrie könnte versucht werden, diese ausfindig zu machen und zu ermitteln, ob es sich dabei um Wochenstubenquartiere handelt. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass für die Artbestimmung fliegender Fledermäuse der Einsatz von Bioakustik unerlässlich ist. Die zuverlässige Bestimmung von Rufaufnahmen mittels automatisierter Programme wie zum Beispiel Batscope ist mit Unsicherheiten behaftet und sollte durch visuelle Bestimmung der Sequenzen ergänzt werden, was jedoch viel Erfahrung voraussetzt (Russo & Voigt, 2016). Der gefundene genutzte Flugkorridor scheint den Ansprüchen von Fledermäusen zu entsprechen, da die Aktivität ungeachtet der Art hoch ist. Der ermittelte Flugkorridor deckt sich auch grösstenteils mit dem Ergebnis der GIS-Analyse.

4.1 Potenzielle Flugkorridore

Die Multikriterien-Analyse mittels GIS ergab eine Vielzahl möglicher Flugkorridore im Untersuchungsgebiet um Bischofszell. Das erstellte Modell kann einer initialen Orientierung für eine Flugkorridorsuche im Feld dienen. Die Grösse des Untersuchungsgebiet ist ein Mittelwert von Angaben aus der Literatur (Kyheröinen et al., 2019; Robinson & Stebbings, 1997; Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz, 2021; Simon et al., 2022). Da sich jedoch in unmittelbarer Umgebung von Bischofszell potenzielle Jagdgebiete in Form von Obstanlagen sowie extensiv genutzten Wiesen und Weiden befinden (Amt für Geoinformation TG, 2021), wird angenommen, dass das Streifgebiet der Breitflügelfledermäuse von Bischofszell kleiner ausfällt. Ausserdem nutzen Breitflügelfledermäuse Korridorstrukturen auch für die Jagd, weshalb nicht erwartet wird, dass sie sich während der Jagd allzu weit von Bischofszell entfernen (Mattei-Roesli et al., 2007; Robinson & Stebbings, 1997).

Mit dem Topografischen Landschaftsmodell (TLM) der Schweiz konnte der grösste Teil der erforderlichen Kriterien für die Modellierung der Flugkorridore abgedeckt werden. Breitflügelfledermäuse orientieren sich neben Waldrändern und Bäumen auch an Hecken, Obstgärten und anderen linearen Strukturen (Mattei-Roesli et al., 2007; Robinson & Stebbings, 1997). Diese sind jedoch, abgesehen von Obstanlagen, nicht im TLM enthalten. Deshalb wurden die

Klassen "Komplexe Parzellenstruktur", "Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen signifikanter Grösse" und "Sport/Freizeitanlagen" (Untersuchungsgebiet in dieser Klasse nur Golfplätze betroffen) von CORINE Land Cover (CLC) genutzt, um Flächen, die möglicherweise geeignete Korridorstrukturen enthalten, zu bestimmen. Wo sich diese Strukturen innerhalb der dieser Flächen genau befinden und wie sie zusammenhängen, konnte auf diese Weise jedoch nicht bestimmt werden. Es fällt allerdings auf, dass innerhalb der heterogenen Flächen zahlreiche Baumreihen oder Flächen dicht aneinander stehender Bäume vorkommen. Teilweise überlagern sich die heterogenen Flächen auch mit Wald, wodurch innerhalb dieser Flächen auch Waldränder als Orientierungsstrukturen vorhanden sind. Aufgrund dieser Tatsachen wurde eine weitere Überlagerung ohne Berücksichtigung von heterogenen Flächen durchgeführt. Diese zeigte, dass auch ohne diese Flächen Verbindungen bestehen. Mit Daten zu Hecken und weiteren linearen Strukturen könnte das Modell weiter verfeinert werden.

In Siedlungsgebieten orientieren sich Fledermäuse auch an nachtdunklen Gebäuden und meiden beleuchtete Zonen (Bohnenstengel et al., 2014; Mattei-Roesli et al., 2007; Schaub & Schnitzler, 2007). Da hochaufgelöste Daten zu Lichtverschmutzung fehlten, konnten unbeleuchtete Gebäude nur anhand einer Annahme definiert werden. Dadurch waren nur wenig Gebäude betroffen, was die Wirklichkeit wahrscheinlich nur ungenügend repräsentiert. Ausserdem flossen Beleuchtungen direkt an Häusern oder auf Hausplätzen nicht in die Bestimmung der unbeleuchteten Gebäude ein. Um den Grad der Lichtverschmutzung zu erfassen, müssten innerhalb der Siedlungen Standort, Art und Leuchtstärke der Lichtquellen manuell erfasst werden. Dies wäre nur verhältnismässig, wenn das Untersuchungsgebiet erheblich verkleinert würde.

Der potenziell beleuchtete Strassenbereich, der zur Bestimmung der unbeleuchteten Gebäude eingesetzt wurde, wurde bei den anderen Faktoren wie zum Beispiel Bäumen ausser Acht gelassen. In diesem Fall wurde davon ausgegangen, dass die Vegetationsbedeckung einen abschirmenden Effekt hat und die Fledermäuse auf der dem Licht abgewandten Seite entlangfliegen (Straka et al., 2019). Durch den abschirmenden Effekt von Vegetation kann auch eine Hauswand, die sich zwar in der Reichweite des Lichtkegels einer Strassenlampe befindet, aber durch Bäume oder eine Hecke davon abgeschirmt ist, als mehr oder weniger nachtdunkle Orientierungsstruktur genutzt werden.

4.2 Bestandsentwicklung bekannter Quartiere, Vermutung weiterer Quartiere und Quartierschutz

Eine Aussage über die langfristige Entwicklung des Bestandes der Breitflügelfledermäuse in Bischofszell ist nicht möglich, da Daten fehlen, die über mehrere Jahre erhoben wurden. Kurzfristig betrachtet hat der Bestand in den bekannten Quartieren von 2021 auf 2022 zugenommen. Aufgrund einer Zählung 2004 von 25 Tieren an Standort 1 ist bekannt, dass zu diesem Zeitpunkt dieses Quartier noch besetzt war. Bei einer Zählung 2017 wurden 39 Tiere an Standort 2 und 2018 im Rathaus als Maximum 55 Tiere gezählt (M. Heeb, persönliche Kommunikation, 12. Dezember 2022). Somit waren in diesen Jahren in den jeweiligen Quartieren die Bestände höher als 2021 und 2022. Es könnte vermutet werden, dass damals der Gesamtbestand ebenfalls höher war als 2021 und 2022. Um dies zu bestätigen, wären allerdings jeweils auch Bestandszahlen der anderen Quartiere nötig.

2022 wurden ab Mitte Juli zwar keine Ausflüge mehr gezählt, aber während der gesamten Dauer der Korridorsuche weiterhin Rufsequenzen von Breitflügelfledermäusen erfasst. Daraus ergibt sich die Vermutung, dass in Bischofszell weitere Quartiere vorhanden sind und die Tiere zwischen Anfang und Mitte Juli das Quartier gewechselt haben. Der Monat Juli 2022 war der viertwärmste Juli seit Messbeginn 1864 mit einer sehr hohen Sonnenscheindauer (MeteoSchweiz, 2022). Dies könnte die Temperaturen in den Quartieren derart in die Höhe getrieben haben, dass die Fledermäuse in der Folge kühlere Quartiere aufsuchten (Rosenau, 2001; Windeln, 2010). Es ist jedoch auch möglich, dass die Wechsel ohne ersichtlichen Grund stattgefunden haben, da Breitflügelfledermäuse während der gesamten Reproduktionsphase zwischen April und August Quartierwechsel vollziehen können (Lubeley, 2003; Rosenau, 2001).

Um Fördermassnahmen effektiv umsetzen zu können, ist die Kenntnis möglichst vieler Wochenstubenquartiere wichtig (Krättli et al., 2012). Mithilfe von Telemetrie könnten weitere Quartiere in Bischofszell ausfindig gemacht werden (Battersby et al., 2014). Es könnte versucht werden, ein Tier oder auch mehrere Tiere während des Ausflugs abzufangen und mit einem Sender zu versehen. Das Abfangen von Breitflügelfledermäusen entlang eines Flugkorridors ist schwieriger, da sie in bis zu 15 m Höhe oder sogar noch höher fliegen können (Lubeley, 2003; Mattei-Roesli et al., 2007). Tagsüber kann das besenderte Tier im Quartier gesucht werden und so zu neuen Quartieren führen, falls es während der Zeit mit Sender einen Quartierwechsel vollzieht. Ausserdem könnte es zusätzlich in der Nacht verfolgt werden und so weitere Flugkorridore und/oder Jagdgebiete gefunden werden. Wenn neue Quartiere gefunden werden, sollte ermittelt werden, ob es sich dabei um Wochenstubenquartiere handelt, da diese besonders schutzrelevant sind (Bohnenstengel et al., 2014).

Zum Schutz bekannter Wochenstubenquartiere und damit auch der Förderung oder zumindest der Erhaltung des Bestandes könnte der Kanton Verträge mit den Besitzern der Liegenschaften, in denen sich die Quartiere befinden, abschliessen. Ein Festhalten der Quartiere in der Nutzungsplanung stellt eine weitere Möglichkeit des Schutzes dar (Krättli et al., 2012). Auf diese Weise kann der Fledermausschutz bei geplanten Renovationsmassnahmen am Gebäude frühzeitig benachrichtigt werden und die Bauarbeiten begleiten. Baumassnahmen an Dächern und Dachstöcken sollten im Winterhalbjahr durchgeführt werden, wenn sich die Fledermäuse in ihren Winterquartieren befinden (Güttlinger & Hoch, 2016). Ausserdem sollten die Ansprüche der Fledermäuse schon während der Planungsphase berücksichtigt werden. Bau-liche Veränderungen an Quartieren sollten auch ausserhalb der Wochenstubenzeit nur umgesetzt werden, wenn sie unumgänglich sind (Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz, 2021).

4.3 Erhebung der Daten zur Bestimmung des genutzten Flugkorridors

Zur Ermittlung des genutzten Flugkorridors kamen sowohl visuelle als auch akustische Geräte zum Einsatz. In Anbetracht des zeitlichen Aufwands der Auswertung von Videoaufnahmen, stellt sich die Frage, ob der Einsatz von Wärmebildkameras und Nachtsichtgeräten zur Bestimmung von Flugkorridoren zielführend ist. Videoaufnahmen können in diesem Zusammenhang jedoch wertvolle Hinweise auf das Flugverhalten und die -richtung, aber auch die Nutzung von Strukturen liefern. Auf diese Weise kann zum Beispiel unterschieden werden, ob eine Fledermaus einen Flugkorridor entlang fliegt oder ob sie Jagdverhalten zeigt. Letzteres kann wiederum einen Hinweis auf ein Jagdgebiet liefern.

Da bei Fledermäusen eine Artbestimmung nur anhand von Videoaufnahmen nicht möglich ist, muss die visuelle Methode mit Bioakustik kombiniert werden, wenn das Ziel die Ermittlung eines Flugkorridors einer bestimmten Art ist. Durch geschickte Platzierung der Mikrofone in Kombination mit den Videogeräten kann die Art der gefilmten Fledermäuse bestimmt werden. In dieser Arbeit konnten nur wenig Übereinstimmungen zwischen Video- und Rufaufnahmen gefunden werden. Dies könnte durch eine sorgfältigere Abstimmung der Standorte der Geräte aufeinander verbessert werden. Es kann aber auch bei einer Übereinstimmung von Video- und Rufaufnahmen nicht mit hundertprozentiger Sicherheit bestätigt werden, dass es sich um dasselbe Tier handelt, da die Fledermausaktivität im Gebiet sehr hoch ist.

4.4 Vergleich des Einsatzes von Audiomoth und Batlogger

Die Audiomoth-Aufnahmen ergaben eine deutlich höhere Datenmenge als diejenigen der Batlogger, da die Audiomoth-Geräte ab dem Zeitpunkt des Einschaltens bis zum Ausschalten kontinuierlich aufzeichneten. Bei den Batloggern dagegen war ein Frequenzbereich eingestellt, wodurch eine Aufnahme erst dann ausgelöst wird, wenn dieser erreicht wird. Die

Aufnahme der Sequenz wird dann so lange fortgesetzt, bis entweder die Triggerbedingungen nicht mehr erfüllt sind oder die maximale Aufnahmedauer für eine Sequenz erreicht wird (Elekon AG, 2015). Es gibt auch für Audiomoth die Möglichkeit der Konfiguration eines Triggers. Da allerdings in der Literatur keine Empfehlungen dazu gefunden wurden und auch Feldtests keine befriedigenden Ergebnisse lieferten, wurde darauf verzichtet.

Die Samplingrate der Batlogger ist ab Werk auf 321.5 kHz eingestellt und kann nicht verändert werden (Elekon AG, 2015, 2020). Damit ist die Bedingung, dass die Samplingrate mindestens doppelt so hoch sein sollte wie die höchstmögliche Ruffrequenz, für die Aufnahme von Rufen der Breitflügelfledermaus deutlich erfüllt (Hill et al., 2019; Obrist et al., 2004). Die Samplingrate beim Audiomoth dagegen wurde mit 96 kHz etwas zu tief eingestellt. Diese Rate genügt zwar für die Erfassung der Hauptfrequenz der Rufe (23-27 kHz) (Dietz et al., 2007), das heisst für die Frequenz mit der höchsten Energie. Die Rufe der Breitflügelfledermaus können laut Obrist et al. (2004) jedoch eine Höchsfrequenz von 47.2 ± 7.4 kHz erreichen. Dadurch könnten mit einer Samplingrate von 96 kHz unter Umständen nicht alle Rufe komplett erfasst worden sein, was sich wiederum auf das Ergebnis der Analyse auswirkte.

Der Vergleich zwischen Batloggern und Audiomoth zeigt deutlich, dass der Batlogger explizit für den Einsatz in der Fledermausforschung entwickelt wurde. Audiomoth dagegen ist ein Aufnahmegerät mit einem sehr breiten Einsatzbereich, was sich auch in den vielen verschiedenen Konfigurationsmöglichkeiten zeigt (Hill et al., 2017). Dadurch braucht die richtige Konfiguration zum Zweck der Aufnahme von Fledermausrufen ein gutes Verständnis der Bioakustik von Fledermäusen. Der Batlogger weist auf die Rufe von Fledermäusen angepasste Standardeinstellungen auf, wodurch er direkt im Feld eingesetzt werden kann (Elekon AG, 2015). Der Vorteil des Audiomoth liegt darin, dass es ein sehr kleines, kostengünstiges Gerät ist (Hill et al., 2019). Die günstigeren Komponenten können sich dagegen auf die Qualität der Tonaufnahmen auswirken, die beim Batlogger deutlich besser ausfallen (Gibb et al., 2018). Trotzdem ist der Audiomoth gut geeignet für grossangelegte und langfristige Projekte oder für den Einsatz in Citizen Science-Projekten.

4.5 Analyse von Rufsequenzen

Für die Auswertung des genutzten Flugkorridors wurden nur Rufsequenzen verwendet, in denen aufgrund der Analyse in Batscope die Breitflügelfledermaus als häufigste Spezies identifiziert wurde. Häufig wurde auch die Nordfledermaus (*Eptesicus nilsonii*) als häufigste Spezies angegeben. Diese ist betreffend der Rufe eine Verwechslungsart der Breitflügelfledermaus, wurde im Kanton Thurgau aber bisher nicht nachgewiesen (Bader et al., 2017). 2016 wurde sie allerdings rund 10 km entfernt von Bischofszell bei Gossau SG gemeldet (info fauna & KOF/CCO, 2022a). Es ist nicht auszuschliessen, dass die Nordfledermaus inzwischen auch

bis nach Bischofszell gewandert ist oder sich ihr Streifgebiet bis dorthin erstreckt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass es sich bei diesen Rufen um Breitflügelfledermäuse handelt. Dies müsste durch einen Experten beurteilt werden (Bader et al., 2017).

Die automatisierte Bestimmung von Fledermausrufen mithilfe von Programmen wie zum Beispiel Batscope ist eine grosse Hilfe bei der Auswertung von Rufaufnahmen. Dadurch, dass die Sequenzen bereinigt und Sequenzen ohne Fledermausrufe herausgefiltert werden, kann die weiter zu bearbeitende Datenmenge erheblich reduziert werden (Bader et al., 2017). Die automatische Klassifikation ergibt allerdings noch keine fehlerfreien Resultate, weshalb eine zusätzliche visuelle Bestimmung einer Auswahl der Rufe empfohlen wird (Russo & Voigt, 2016). Dies benötigt jedoch jahrelange Erfahrung in der Bestimmung von Fledermausrufen, welche in diesem Fall nicht vorhanden war.

4.6 Beurteilung des gefundenen Flugkorridors und Diskussion von Alternativen

Der gefundene Flugkorridor erstreckt sich grösstenteils entlang natürlicher und nachtdunkler Strukturen, was den Erkenntnissen zahlreicher Studien entspricht (Frey-Ehrenbold et al., 2013; Limpens & Kapteyn, 1991; Mattei-Roesli et al., 2007; Robinson & Stebbings, 1997; Verboom & Huitema, 1997). Die natürlichen Vegetationsstrukturen sollten auf jeden Fall mindestens in dieser Form erhalten bleiben. Der Flugkorridor enthält auch einige beleuchtete Bereiche, vor allem innerhalb der Altstadt, entlang des Stadtbachs sowie in der Nähe der Strassen. Dies deckt sich nicht mit den Beobachtungen von Mattei-Roesli et al. (2007), dass Siedlungsgebiete mit Strassenlampen gemieden werden. Eine mögliche Erklärung dafür wäre der Abschirmungseffekt der Vegetation in diesen Bereichen, welche den negativen Effekt von künstlichem Licht abschwächen können (Straka et al., 2019). Denn obwohl die Breitflügelfledermaus als lichttolerant gilt und sogar von der vermehrten Anziehung von Insekten durch Licht zu profitieren scheint (Stone et al., 2015; Voigt et al., 2021), kann künstliches Licht ihre Aktivität negativ beeinflussen (Mariton et al., 2022). Deshalb ist es wichtig, den Flugkorridor möglichst dunkel zu halten, zumal vor allem auch lichtempfindlichere Fledermausarten davon profitieren könnten. Zum Beispiel könnten an weniger stark frequentierten Strassen und Wegen Lampen mit Bewegungssensoren eingesetzt werden. Dies würde neben einer Reduktion von Lichtemissionen gleichzeitig auch eine Einsparung von Energie bedeuten. Auch über die Wahl des Leuchtentyps, Intensität und Lichtspektrum kann der negative Einfluss der Beleuchtung erheblich reduziert werden (BAFU, 2021).

Eine Überlagerung des Resultats der GIS-Analyse mit dem genutzten Korridor zeigt, dass dieser ein Teilstück abdeckt, dem in der Analyse aufgrund der Nähe zu einer Strasse eine schlechte Eignung zugeordnet wurde (Abbildung 9). Bei einer genaueren Betrachtung der

Strukturen entlang dieses Teilstücks wird sichtbar, dass ein von Waldrandlinien gesäumter Kanal durchfließt. In Realität handelt es sich bei dem Waldstück, welches zwischen dem Kanal und der Strasse mit negativer Wirkung liegt, lediglich um eine bestockte Uferböschung. Die abschirmende Wirkung dieser Vegetation gegenüber der Strasse scheint jedoch auszureichen, um die negative Wirkung der Strasse aufzuheben. Dies stimmt überein mit den Erkenntnissen von Berthinussen & Altringham (2012), dass der Effekt von Strassen auf Fledermäuse durch geeignete Lebensräume entlang der Strassen abgeschwächt werden kann.

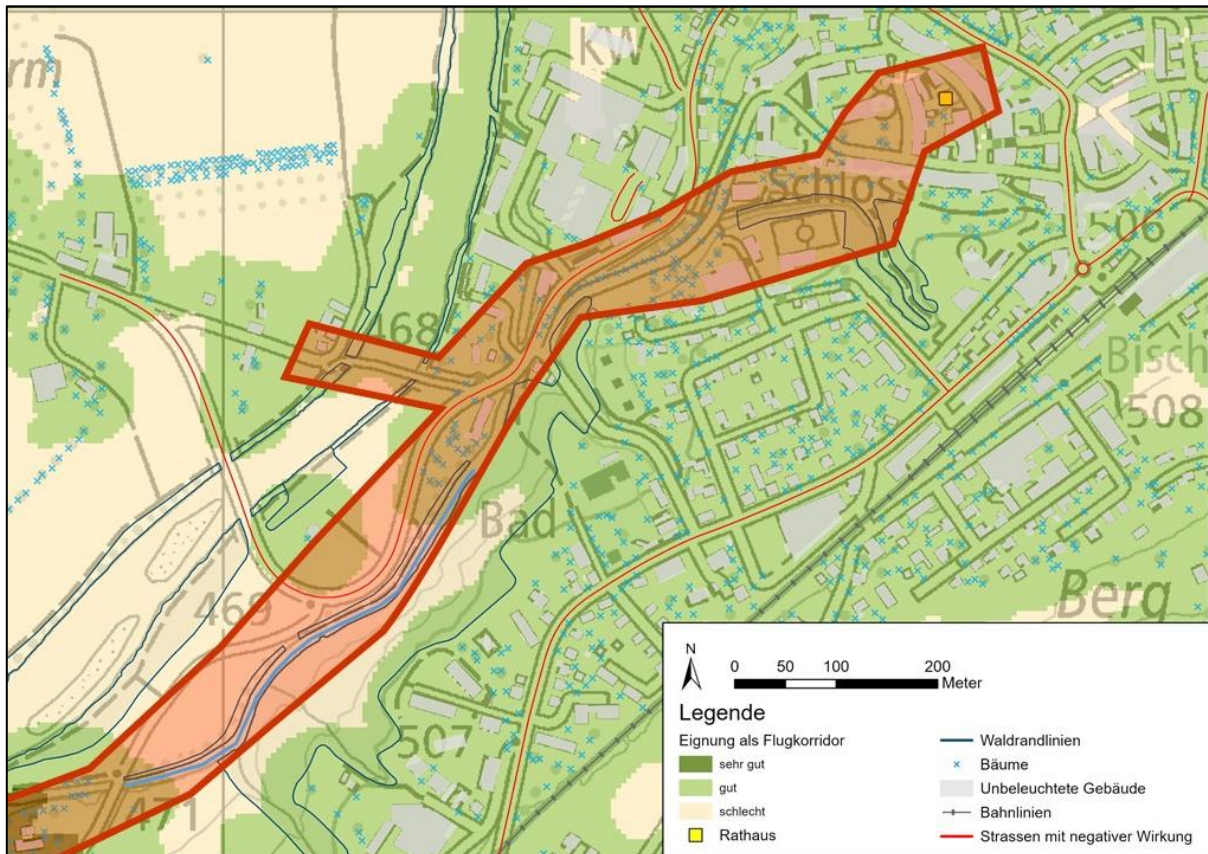


Abbildung 9: Überlagerung des Resultats der GIS-Analyse mit dem gefundenen genutzten Flugkorridor (rotes Polygon). Der Verlauf des genutzten Flugkorridors entspricht nicht vollständig dem Resultat der Analyse. Entlang dieses Teilstücks fliesst jedoch ein von Waldrandlinien gesäumter Kanal (hellblaue Linie), welchen die Fledermäuse als Orientierungsstruktur nutzen können.

Wie in den Resultaten erwähnt, ergaben sich ab der Nordost-Ecke des Sportplatzes bis zu der Böschung zwischen Thurbruggstrasse und den Häusern am Thurblick drei Möglichkeiten des Weiterflugs (Abbildung 10):

- Hellblauer Pfeil: Über den Sportplatz, der Turnhalle entlang über den Pausenhof um das Schulhaus herum oder über das Schulhausdach zur Böschung,
- Gelber Pfeil: Am Rand des Sportplatzes dem Wäldchen entlang, nördlich am Schulhaus vorbei oder auch über das Schulhausdach zur Böschung,
- Grüner Pfeil: Am Stadtbach entlang und dann via Thurbruggstrasse zur Böschung.

Es ist nicht auszuschliessen, dass alle drei Varianten genutzt werden. Ausserdem ist es angebracht, den Flugkorridor so breit zu wählen, dass alle Varianten abgedeckt sind, da aufgrund der hohen Fledermausaktivität in diesen Abschnitten vermutet wird, dass dieser Korridor auch von anderen Arten genutzt wird.



Abbildung 10: Varianten des Weiterflugs ab der Nordost-Ecke des Sportplatzes bis zu der Böschung zwischen Thurbruggstrasse und den Häusern am Thurblick (farbige Pfeile).

Am Ende der Variante 1 des ermittelten Flugkorridors werden nach der Überquerung der Thur zwei Richtungen des Weiterflugs als möglich erachtet. Zum einen könnten die Fledermäuse den Flug am linken Thurufer entlang flussaufwärts fortsetzen. Diese Variante konnte nicht mehr weiterverfolgt werden, da der Batlogger, der am letzten Aufnahmeabend an diesem Standort eingesetzt wurde, aufgrund des leeren Akkus keine Sequenzen erfasste. Dieser Standort sollte im Fall einer Verifizierung des Flugkorridors auch berücksichtigt werden. Falls dort Sequenzen von Breitflügelfledermäusen nachgewiesen werden, könnte der andere Teil des Flugkorridors, der auf der rechten Seite der Thur verläuft, unter Umständen bis auf die linke Thurseite verbreitert werden. Zum anderen könnten die Fledermäuse nach der Überquerung der Thur in westliche Richtung fliegen, um zu jagen. In dieser Richtung sind in geringer Distanz zur Thur potenzielle Jagdgebiete in Form von Obstanlagen sowie Wiesen und Weiden zu finden (Amt für Geoinformation TG, 2021; Robinson & Stebbings, 1997)

Auch direkt anschliessend an das Ende der Variante 2 des gefundenen Flugkorridors befinden sich potenzielle Jagdgebiete. In der Wiese südlich des Kanals sowie um die Bäume westlich der Häuser in der Waldegg konnte häufiges Jagdverhalten von Fledermäusen beobachtet werden. Es konnte nicht ermittelt werden, ob es sich dabei um Breitflügelfledermäuse handelte. Da es sich aber aufgrund der hohen Aktivität um ein gutes Jagdgebiet für Fledermäuse zu handeln scheint und alle Fledermäuse inklusive ihrer Lebensräume nach NHG geschützt sind, sollte dieses Gebiet mindestens in diesem Zustand erhalten bleiben.

5 Fazit und Ausblick

Durch die Abhängigkeit der Fledermäuse von unterschiedlichen funktionellen Lebensräumen, muss der Fledermausschutz an mehreren Punkten ansetzen und die Art der Massnahmen muss sorgfältig abgewogen werden. In Bischofszell hat der Bestand der Breitflügelfledermäuse in den bekannten Quartieren von 2021 auf 2022 zugenommen. Es wird vermutet, dass weitere, noch unbekannte Quartiere existieren. Einen Schwerpunkt in der Förderung von Breitflügelfledermäusen in Bischofszell sollte auf die Ermittlung neuer Quartiere gesetzt werden. Dazu könnte versucht werden, eines oder mehrere Tiere zu besondern und tagsüber im Quartier zu suchen. Falls es sich bei neu gefundenen Quartieren um Wochenstubenquartiere handelt, sollten Massnahmen zu deren Schutz eingeleitet werden. Bereits bekannte Quartiere sollten auf jeden Fall erhalten werden.

Es konnte ein genutzter Flugkorridor identifiziert werden. Das Ziel des Fledermausschutzes ist es, diesen zu verifizieren und dem Kanton zu übermitteln, damit er im GIS eingetragen werden kann und von der Gemeinde einsehbar ist. Auf diese Weise sollte der Korridor in der Nutzungsplanung der Gemeinde berücksichtigt werden. Ausserdem sollte der Korridor, wo es nötig ist, verbessert werden. Verbesserungen werden wahrscheinlich primär in Hinsicht auf die Reduktion von künstlichem Licht erforderlich sein. Davon würden auch lichtempfindlichere Arten erheblich profitieren. Als weiteres Ziel besteht die Ermittlung, ob die Tiere des zweiten besetzten Quartiers einen anderen Korridor benutzen. Dabei kann unter Umständen schon die eingeschlagene Flugrichtung direkt nach dem Ausfliegen einen wichtigen Hinweis liefern. Danach kann der weitere Verlauf des Flugkorridors Stück für Stück ermittelt werden.

6 Literaturverzeichnis

- Amt für Geoinformation TG. (2021). *Nutzungsflächen (Hauptkategorien)*. ThurGIS - Kartenportal Thurgau. <https://map.geo.tg.ch/apps/mf-geoadmin3/?lang=de&topic=landwirtschaft&catalogNodes=49000,49004&layers=nutzungsflaechen-hauptkulturen&E=2735506.03&N=1261770.37&zoom=4.693350702916964>
- Audacity Team. (2021). *Audacity (R): Free Audio Editor and Recorder* (3.0.2). <https://audacityteam.org/>
- Bader, E., Bontadina, F., Frey-Ehrenbold, A., Schönbächler, C., Zingg, P. E. & Obrist, M. K. (2017). *Richtlinien für Aufnahme, Auswertung und Validierung von Fledermaus-Rufen in der Schweiz. Bericht der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG, Version 1.3d vom Februar 2021*. 20 S.
- BAFU. (2019). *Liste der National Prioritären Arten und Lebensräume. In der Schweiz zu fördernde prioritäre Arten und Lebensräume*. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1709: 99 S.
- BAFU (Hrsg.). (2021). *Empfehlungen zur Vermeidung von Lichtemissionen. 1. aktualisierte Auflage 2021. Erstausgabe 2005*. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2117: 169 S.
- Battersby, J., Aulagnier, S., Andreev, S., Zoltán, B., Boye, P., Catto, C., Cel'uch, M., Cepakova, E., Coyte, A., Dziamianchyk, V., Engel, E., Hardie, M., Hamidovic, D., Harbusch, C., Haysom, K., Hutson, A., Ivanova, T., Jones, K., Kepel, A. & Gazaryan, S. (2014). *Guidelines to Surveillance and Monitoring Methods for European Bats. 2nd, updated version*. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn. EUROBATS Publication Series No. 5.: 95 pp. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1747.8802>
- Beck, A., Hoch, S. & Güttinger, R. (2006). Die Nahrung der Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*) in Vaduz, Fürstentum Liechtenstein. *Bericht Botanisch-Zoologische Gesellschaft Liechtenstein-Sargans-Werdenberg*, 32: 175–180.

- Bennett, V. J. & Zurcher, A. A. (2013). When corridors collide: Road-related disturbance in commuting bats. *The Journal of Wildlife Management*, 77(1): 93–101. <https://doi.org/10.1002/jwmg.467>
- Berthinussen, A. & Altringham, J. (2012). The effect of a major road on bat activity and diversity. *Journal of Applied Ecology*, 49(1): 82–89. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02068.x>
- Bohnenstengel, T., Krättli, H., Obrist, M. K., Bontadina, F., Jaberg, C., Ruedi, M. & Moeschler, P. (2014). *Rote Liste Fledermäuse. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2011. Bundesamt für Umwelt, Bern; Centre de Coordination Ouest pour l'étude et la protection des chauves-souris, Genève; Koordinationsstelle Ost für Fledermausschutz, Zürich; Schweizer Zentrum für die Kartografie der Fauna, Neuenburg; Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf*. Umwelt-Vollzug Nr. 1412: 95 S.
- Bose, L. (2019). Flugkorridore von Fledermäusen lassen sich berechnen. *WSL-Magazin DIAGONAL*, 19(1), S. 29.
- Bossard, M., Feranec, J. & Otahel, J. (2000). *CORINE land cover technical guide—Addendum 2000*. European Environment Agency. Technical report No 40: 105 pp. <https://www.eea.europa.eu/publications/tech40add>
- Boyes, D. H., Evans, D. M., Fox, R., Parsons, M. S. & Pocock, M. J. O. (2021). Street lighting has detrimental impacts on local insect populations. *Science Advances*, 7(35): 1–8. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi8322>
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (o. J.). *Swiss Geoportal*. Karten der Schweiz—Schweizerische Eidgenossenschaft. Abgerufen am 24. Dezember 2022 von <https://map.geo.admin.ch>
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (2022a). *Swiss Map Raster 100, schwarz-weiss* [Geodaten]. <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/maps/smr/smr50.html#download>

- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (2022b). *SwissBOUNDARIES3D* [Geodaten].
<https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/boundaries3d.html#download>
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (2022c). *SwissTLM3D 2.0* [Geodaten].
<https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/tlm3d.html#download>
- Bundesgesetz über den Natur- und Heimatschutz (NHG). (1. Juli 1966). SR 451 (Stand am 1. Januar 2022).
- Claireau, F., Bas, Y., Pauwels, J., Barré, K., Machon, N., Allegrini, B., Puechmaille, S. J. & Kerbiriou, C. (2019). Major roads have important negative effects on insectivorous bat activity. *Biological Conservation*, 235: 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.002>
- Copernicus Land Monitoring Service. (2019). *CORINE Land Cover (CLC) 2018, Version 2020_20u1* [Geodaten]. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018?tab=download>
- Dienststelle für Statistik. (o. J.). *Flächenanteil nach Nutzung*. Thurgauer Themenatlas. Abgerufen am 2. Dezember 2022 von <https://themenatlas-tg.ch/#bbox=2718213,1271109,25504,15483&c=indicator&i=rwfla.rwflaver&s=2017&selcodgeo=4471&view=map3>
- Dietz, C., von Helversen, O. & Nill, D. (2007). *Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung*. Stuttgart: Franckh-Kosmos.
- Dool, S. E., Puechmaille, S. J., Kelleher, C., McAney, K. & Teeling, E. C. (2016). The effects of human-mediated habitat fragmentation on a sedentary woodland-associated species (*Rhinolophus hipposideros*) at its range margin. *Acta Chiropterologica*, 18(2): 377–393. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2016.18.2.006>
- Elekon AG. (2015). *Batlogger C Manual. Firmware version V 2.4*. https://www.batlogger.com/de/products/batlogger_c/
- Elekon AG. (2020). *Batlogger Handbuch. Firmware Version V 2.6*. https://www.batlogger.com/de/products/batlogger_m/
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2022). *ArcGIS Pro* (3.0.3).

- Frey-Ehrenbold, A., Bontadina, F., Arlettaz, R. & Obrist, M. K. (2013). Landscape connectivity, habitat structure and activity of bat guilds in farmland-dominated matrices. *Journal of Applied Ecology*, 50: 252–261. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12034>
- Geiger, H. (2020). *Rufaufnahmen mit AudioMoth. Arbeitsanleitung für den Einsatz des Rufaufzeichnungsgerät AudioMoth*. <https://artenmonitoring.org/projektuebersicht-audiomoth/>
- GEO Foundation for Sustainable Golf. (o. J.). *Sustainable Golf Course Directory*. Sustainable.Golf. Abgerufen am 22. Dezember 2022 von <https://sustainable.golf/directory/directory/>
- Gibb, R., Browning, E., Glover-Kapfer, P. & Jones, K. E. (2018). Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assessment and monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(2): 169–185. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13101>
- Golfclub Erlen. (o. J.). *Die Anlage*. Golfclub Erlen. Abgerufen am 22. Dezember 2022 von <https://erlengolf.ch/golfplatz/die-anlage>
- Güttinger, R. & Hoch, S. (2016). Vom alten Pfarrhaus zum Kulturhaus «Alter Pfarrhof». Erfolgreiche Schutzmassnahmen für die gefährdete Breitflügelfledermaus. *Balzner Neujaresblätter*, 22: 30–39.
- Heeb, F. (2016). *Breitflügelfledermaus*. Fledermausschutz Thurgau. <https://ipv4.fledermausschutz-tg.ch/unsere-fledermaeuse/15-unsere-flerdermaeuse/53-breitfluegelfledermaus>
- Hill, A. P., Prince, P., Piña Covarrubias, E., Doncaster, C. P., Snaddon, J. L. & Rogers, A. (2017). AudioMoth: Evaluation of a smart open acoustic device for monitoring biodiversity and the environment. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(5): 1199–1211. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12955>
- Hill, A. P., Prince, P., Snaddon, J. L., Doncaster, C. P. & Rogers, A. (2019). AudioMoth: A low-cost acoustic device for monitoring biodiversity and the environment. *HardwareX*, 6: 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2019.e00073>

- Imesch, N., Stadler, B., Bolliger, M. & Schneider, O. (2015). *Biodiversität im Wald: Ziele und Massnahmen. Vollzugshilfe zur Erhaltung und Förderung der biologischen Vielfalt im Schweizer Wald*. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1503: 186 S.
- Kervyn, T. & Libois, R. (2008). The Diet of the serotine bat. A Comparison between rural and urban environments. *Belgian Journal of Zoology*, 138(1): 41–49.
- Krättli, H., Moeschler, P., Stutz, H.-P. B., Obrist, M. K., Bontadina, F., Bohnenstengel, T. & Jaberg, C. (2012). *Konzept Artenförderung Fledermäuse 2013-2020*. Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz. 91 S.
- Kurtze, W. (2012). Zum Zustand der Breitflügelfledermaus, *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774), im Norden von Niedersachsen—Resultate nach 35 Jahren Bestandesaufnahme im Landkreis Stade. *Nyctalus (N.F.)*, 17(3–4): 306–318.
- Kyheröinen, E.-M., Aulagnier, S., Dekker, J., Dubourg-Savage, M.-J., Ferrer, B., Gazaryan, S., Georgiakakis, P., Hamidovi, D., Harbusch, C., Haysom, K., Jahelková, H., Kervyn, T., Koch, M., Lundy, M., Marnell, F., Mitchell-Jones, A., Pir, J., Russo, D., Schofield, H., ... Tsoar, A. (2019). *Guidance on the conservation and management of critical feeding areas and commuting routes for bats*. UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn. EURO-BATS Publication Series No. 9: 109 pp.
- Limpens, H. J. G. A. & Kapteyn, K. (1991). Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis*, 29: 39–48.
- Lubeley, S. (2003). *Quartier- und Raumnutzungssystem einer synanthropen Fledermausart (Eptesicus serotinus) und seine Entstehung in der Ontogenese* [Doktorarbeit]. Philipps-Universität, Marburg.
- Mariton, L., Kerbirou, C., Bas, Y., Zanda, B. & Le Viol, I. (2022). Even low light pollution levels affect the spatial distribution and timing of activity of a “light tolerant” bat species. *Environmental Pollution*, 305: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119267>
- Mattei-Roesli, M., Märki, K., Maddalena, T. & Bontadina, F. (2007). *Approfondimento dell'ecologia del Serotino comune (Eptesicus serotinus) nel Cantone Ticino: Ambienti di caccia e rifugi*. Rapporto non pubblicato. 37 pp.

- Medinas, D., Ribeiro, V., Marques, J. T., Silva, B., Barbosa, A. M., Rebelo, H. & Mira, A. (2019). Road effects on bat activity depend on surrounding habitat type. *Science of The Total Environment*, 660: 340–347. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.032>
- MeteoSchweiz. (2022). *Klimabulletin Juli 2022*. Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie. 15 S.
- Newson, S. E., Evans, H. E. & Gillings, S. (2015). A novel citizen science approach for large-scale standardised monitoring of bat activity and distribution, evaluated in eastern England. *Biological Conservation*, 191: 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.06.009>
- Obrist, M. K. & Boesch, R. (2018). BatScope manages acoustic recordings, analyses calls, and classifies bat species automatically. *Canadian Journal of Zoology*, 96: 939–954. <https://doi.org/doi:10.1139/cjz-2017-0103>
- Obrist, M. K., Boesch, R. & Flückiger, P. F. (2004). Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: Consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. *Mammalia*, 68(4): 307–322. <https://doi.org/10.1515/mamm.2004.030>
- Robinson, M. F. & Stebbings, R. E. (1997). Home range and habitat use by the serotine bat, *Eptesicus serotinus*, in England. *Journal of Zoology*, 243: 117–136. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1997.tb05759.x>
- Rosenau, S. (2001). *Untersuchungen zur Quartiernutzung und Habitatnutzung der Breitflügel-fledermaus Eptesicus serotinus (SCHREBER, 1774) im Berliner Stadtgebiet (Bezirk Spandau)* [Diplomarbeit]. Freie Universität, Berlin.
- Russo, D. & Voigt, C. C. (2016). The use of automated identification of bat echolocation calls in acoustic monitoring: A cautionary note for a sound analysis. *Ecological Indicators*, 66: 598–602. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.036>
- Schaub, A. & Schnitzler, H.-U. (2007). Flight and echolocation behaviour of three vespertilionid bat species while commuting on flyways. *Journal of Comparative Physiology A*, 193: 1185–1194. <https://doi.org/10.1007/s00359-007-0269-z>

- Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz. (2021). *Artenmerkblatt Eptesicus serotinus*. <https://fledermausschutz.ch/breitfluegelfledermaus>
- Schweizerisches Informationszentrum für die Fauna info fauna & Koordinationsstellen für den Fledermausschutz Ost und West KOF/CCO. (2022a). *Vespertilionidae. Eptesicus nilssonii (Keyserling & Blasius, 1839). Nordfledermaus* [Verbreitungskarte]. info fauna carto. <http://lepus.unine.ch/carto/70707>
- Schweizerisches Informationszentrum für die Fauna info fauna & Koordinationsstellen für den Fledermausschutz Ost und West KOF/CCO. (2022b). *Vespertilionidae. Eptesicus serotinus (Schreber, 1774). Breitflügelfledermaus* [Verbreitungskarte]. <https://lepus.unine.ch/carto-react>
- Simon, M., Giesselmann, K., Köstermeyer, H. & Brand, S. (2022). *Eptesicus serotinus—Breitflügelfledermaus*. BFN Bundesamt für Naturschutz. <https://www.bfn.de/artenportraits/eptesicus-serotinus>
- Stone, E. L., Harris, S. & Jones, G. (2015). Impacts of artificial lighting on bats: A review of challenges and solutions. *Mammalian Biology*, 80: 213–219. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2015.02.004>
- Stone, E. L., Jones, G. & Harris, S. (2009). Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology*, 19(13): 1123–1127. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.05.058>
- Straka, T. M., Wolf, M., Gras, P., Buchholz, S. & Voigt, C. C. (2019). Tree Cover Mediates the Effect of Artificial Light on Urban Bats. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7(91): 1–11. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00091>
- Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume (Berner Konvention). (19. September 1979). SR 0.455 (Stand am 8. März 2018).
- Vandeveld, J.-C., Bouhours, A., Julien, J.-F., Couvet, D. & Kerbiriou, C. (2014). Activity of European common bats along railway verges. *Ecological Engineering*, 64: 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.12.025>

- Verboom, B. & Huitema, H. (1997). The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. *Landscape Ecology*, 12(2): 117–125. <https://doi.org/10.1007/BF02698211>
- Verein Fledermausschutz Thurgau. (2022). *Home*. Verein Fledermausschutz Thurgau. <https://verein.fledermausschutz-tg.ch/index.php>
- Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV). (16. Januar 1991). SR 451.1 (Stand am 1. Juni 2017).
- Voigt, C., Dekker, J., Fritze, M., Gazaryan, S., Hölker, F., Jones, G., Lewanzik, D., Limpens, H. J. G. A., Mathews, F., Rydell, J., Spoelstra, K. & Zagamajster, M. (2021). The impact of light pollution on bats varies according to foraging guild and habitat context. *BioScience*, 71: 1103–1109. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab087>
- Windeln, H.-J. (2010). Quartierwechsel bei Fledermäusen in der Schwangerschaft und Wochenstubenzeit sowie Mitteilungen zur gemeinsamen Quartiernutzung von Abendseglern (*Nyctalus noctula*) und Wasserfledermäusen (*Myotis daubentonii*). *Nyctalus (N.F.)*, 15(4): 271–275.
- WSL Birmensdorf. (2019). *BatScope 4*. file:///C:/Program%20Files/BatScope%204/manual/index.html
- Zukal, J. & Gajdošik, M. (2012). Diet of *Eptesicus serotinus* in an agricultural landscape. *Vespertilio*, 16: 357–363.

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Verbreitung der Breitflügelfledermaus in der Schweiz.** Rote Vierecke zeigen Daten ab 2019, orange Vierecke solche vor 2019 (Daten: info fauna/CCO/KOF, 2022; Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J.). 2
- Abbildung 2: a) Lage des Kantons Thurgau (grau) in der Schweiz, b) Lage von Bischofszell (rot) im Kanton Thurgau (grau)** (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2022, verändert). 4
- Abbildung 3: Beurteilung der Flugkorridoreignung im Untersuchungsgebiet um Bischofszell unter Berücksichtigung aller Strukturen.** Die Kreuze, die Bäume anzeigen, sind auf der Karte sehr klein und erscheinen als hellblaue Flächen. Die unbeleuchteten Gebäude in Grau können in der Karte nur erahnt werden und befinden in den Bereichen, in denen auf der Hintergrundkarte Siedlungsflächen eingezeichnet sind. 11
- Abbildung 4: Beurteilung der Flugkorridoreignung im Untersuchungsgebiet um Bischofszell ohne Berücksichtigung heterogener Flächen.** Die Kreuze, die Bäume anzeigen, sind auf der Karte sehr klein und erscheinen als hellblaue Flächen. Die unbeleuchteten Gebäude in Grau können in der Karte nur erahnt werden und befinden in den Bereichen, in denen auf der Hintergrundkarte Siedlungsflächen eingezeichnet sind. 12
- Abbildung 5: Ermittelter Flugkorridor ausgehend vom Wochenstubenquartier im Rathaus** (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J., verändert). 14
- Abbildung 6: Standorte der eingesetzten Geräte ergänzt mit dem Einsatz-Datum.** Die Koordinaten der Standorte sind im Schweizer Koordinatensystem CH1903+ LV95 angegeben. Die Blickrichtungen der Wärmebildkameras und Nachtsichtgeräte sind als Pfeile in Rot beziehungsweise Blau eingezeichnet. Bei den Wärmebildkameras ist zusätzlich das eingesetzte Objektiv angegeben. Falls während der Aufnahme die Blickrichtung verändert wurde, ist dies vermerkt. Für die Mikrofone ist jeweils die Anzahl erfasster Sequenzen angegeben, die in Batscope als Breitflügelfledermaus identifiziert wurden. Die mit Grün hinterlegten Legenden zeigen die Standorte, an denen eine eindeutige Zuordnung von Breitflügelfledermäusen möglich war, die mit Orange hinterlegten sind unsichere Zuordnungen und die mit weiss hinterlegten Legenden konnten nicht zugeordnet werden. Pfeile in Grün zeigen die Richtung gefilmter Vorbeiflüge, die eindeutig zugeordnet werden konnten beziehungsweise die Verbindung zwischen Mikrofonen mit zeitlich übereinstimmenden Sequenzen am selben Aufnahmedatum. Orange Pfeile zeigen unsichere Zuordnungen an (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J., verändert). 15
- Abbildung 7: Standorte der eingesetzten Geräte ergänzt mit dem Einsatz-Datum.** Die Koordinaten der Standorte sind im Schweizer Koordinatensystem CH1903+ LV95 angegeben. Die Blickrichtungen der Wärmebildkameras und Nachtsichtgeräte sind als Pfeile in Rot

beziehungsweise Blau eingezeichnet. Bei den Wärmebildkameras ist zusätzlich das eingesetzte Objektiv angegeben. Für die Mikrofone ist jeweils die Anzahl erfasster Sequenzen angegeben, die in Batscope als Breitflügelfledermaus identifiziert wurden. Die mit Grün hinterlegten Legenden zeigen die Standorte, an denen eine eindeutige Zuordnung von Breitflügelfledermäusen möglich war, die mit Orange hinterlegten sind unsichere Zuordnungen und die mit Weiss hinterlegten Legenden konnten nicht zugeordnet werden. Orange Pfeile zeigen entweder gefilmte Vorbeiflüge mit Richtung, deren Zuordnung zu einer aufgenommenen Sequenz unsicher war oder unsichere zeitliche Übereinstimmungen zwischen am selben Aufnahmetag aufgenommenen Sequenzen (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J., verändert).16

Abbildung 8: Standorte der eingesetzten Geräte ergänzt mit dem Einsatz-Datum. Die Koordinaten der Standorte sind im Schweizer Koordinatensystem CH1903+ LV95 angegeben. Die Blickrichtungen der Wärmebildkameras und Nachtsichtgeräte sind als Pfeile in Rot beziehungsweise Blau eingezeichnet. Bei den Wärmebildkameras ist zusätzlich das eingesetzte Objektiv angegeben. Für die Mikrofone ist jeweils die Anzahl erfasster Sequenzen angegeben, die in Batscope als Breitflügelfledermaus identifiziert wurden. Die mit Grün hinterlegten Legenden zeigen die Standorte, an denen eine eindeutige Zuordnung von Breitflügelfledermäusen möglich war, die mit Weiss hinterlegten konnten nicht zugeordnet werden. Orange Pfeile zeigen entweder gefilmte Vorbeiflüge mit Richtung, deren Zuordnung zu einer aufgenommenen Sequenz unsicher war oder unsichere zeitliche Übereinstimmungen zwischen am selben Aufnahmetag aufgenommenen Sequenzen (Bundesamt für Landestopografie swisstopo, o. J., verändert).17

Abbildung 9: Überlagerung des Resultats der GIS-Analyse mit dem gefundenen genutzten Flugkorridor (rotes Polygon). Der Verlauf des genutzten Flugkorridors entspricht nicht vollständig dem Resultat der Analyse. Entlang dieses Teilstücks fliesst jedoch ein von Waldrandlinien gesäumter Kanal (hellblaue Linie), welchen die Fledermäuse als Orientierungsstruktur nützen können.....24

Abbildung 10: Varianten des Weiterflugs ab der Nordost-Ecke des Sportplatzes bis zu der Böschung zwischen Thurbruggstrasse und den Häusern am Thurblick (farbige Pfeile).25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Datensätze, die für die Ermittlung potenzieller Flugkorridore verwendet wurden. Zusätzlich angegeben sind, wofür der jeweilige Datensatz in der Analyse verwendet wurde sowie der Datentyp, Datenherr und Erstellungsjahr.	5
Tabelle 2: Eingesetzte Geräte für Video- beziehungsweise Audioaufnahmen.....	8
Tabelle 3: Gezählte ausfliegende Tiere pro Quartier und Gesamtanzahl aller Quartiere aufgeteilt nach Zähldaten im Jahr 2021.....	13
Tabelle 4: Gezählte ausfliegende Tiere pro Quartier und Gesamtanzahl aller Quartiere aufgeteilt nach Zähldaten im Jahr 2022.....	13

Anhang

Anhangsverzeichnis

A	Analyseprotokoll und Prozessmodell der GIS-Analyse	I
B	Genutzter Flugkorridor.....	X
C	Eigenständigkeitserklärung	XI

A Analyseprotokoll und Prozessmodell der GIS-Analyse

Analyseprotokoll

Für nicht erwähnte Parameter wurden die Standardeinstellungen verwendet.

1. Environments in ModelBuilder bestimmen:

Output Coordinate System: CH1903+ LV95

Processing Extent: Layer *Untersuchungsgebiet*

Cell Size: 5

Mask: Layer *Untersuchungsgebiet*

2. Punkt erstellen für Rathaus Bischofszell als Ausgangspunkt

Tool: Create Feature Class

Name: *Rathaus*

Feature Class Type: Point

Tool: Create Features

→ Create a Point Feature: Punkt setzen bei Rathaus

3. Untersuchungsgebiet definieren

Tool: Buffer

Input Features: *Rathaus*

Output Feature Class: *Untersuchungsgebiet*

Distance: 6 Kilometers

Kriterium Waldrand:

1. Bodenbedeckungs-Layer auf Untersuchungsgebiet zuschneiden

Tool: Clip

Input Features or Dataset: *swissTLM3D_TLM_BODENBEDECKUNG_OST*

Clip Features: *Untersuchungsgebiet*

Output Features or Dataset: *Bodenbedeckung_Untersuchungsgebiet*

2. Wald-Layer erstellen

Tool: Select

Input Features: *Bodenbedeckung_Untersuchungsgebiet*

Output Feature Class: *Wald_neu*

SQL-Statement: OBJEKTART = 'Wald' Or OBJEKTART = 'Gebueschwald' Or OBJEKTART = 'Gehoelzflaeche'

3. Layer mit Waldrandlinie erstellen

Tool: Polygon To Line

Input features: *Wald_neu*

Output Feature Class: *Waldrandlinie*

4. Euklidische Distanz zu Waldrändern bestimmen

Tool: Euclidean Distance

Input raster or feature source data: *Waldrandlinie*

Output distance raster: *Distanz_zu_Waldrand*

Output cell size: 5

5. Reskalieren der Euklidischen Distanz zu Waldrändern: Umso näher an einem Waldrand, umso höherer Wert mit Übergangspunkt bei 50 m

Tool: Rescale by Function

Input raster: *Distanz_zu_Waldrand*

Output raster: *Distanz_zu_Waldrand_Rescale*

Transformation function: Small

Midpoint: 50

From scale: 1

To scale: 5

Kriterium Einzelbäume:**1. Einzelbaum-Layer auf Untersuchungsgebiet einschränken**

Tool: Clip

Input Features or Dataset: *swissTLM3D_TLM_EINZELBAUM_GEBUESCH_OST*

Clip Features: *Untersuchungsgebiet*

Output Features or Dataset: *Baeume*

2. Euklidische Distanz zu Bäumen bestimmen

Tool: Euclidean Distance

Input raster or feature source data: *Baeume*

Output distance raster: *Distanz_zu_Baeumen*

Output cell size: 5

3. Reskalieren der Euklidischen Distanz zu Bäumen: Umso näher an einem Baum, umso höherer Wert mit Übergangspunkt bei 50 m

Tool: Rescale by Function

Input raster: *Distanz_zu_Baeumen*

Output raster: *Distanz_zu_Baeumen_Rescale*

Transformation function: Small

Midpoint: 50

From scale: 1

To scale: 5

Kriterium Flächen mit vermuteten linearen Strukturen:

1. CORINE Land Cover auf Untersuchungsgebiet einschränken

Tool: Clip

Input Features or Dataset: *CLC_CH_2018*

Clip Features: *Untersuchungsgebiet*

Output Features or Dataset: *CLC_Untersuchungsgebiet*

2. Layer für Flächen mit vermuteten linearen Strukturen erstellen

Tool: Select

Input Features: *CLC_Untersuchungsgebiet*

Output Feature Class: *Heterogene_Flaechen*

SQL-Statement: `CODE_18 = '242' Or CODE_18 = '243' Or CODE_18 = '142'`

3. Euklidische Distanz zu Flächen mit linearen Strukturen bestimmen

Tool: Euclidean Distance

Input raster or feature source data: *Heterogene_Flaechen*

Output distance raster: *Distanz_zu_heterogenen_Flaechen*

Output cell size: 5

4. Reskalieren der Euklidischen Distanz zu heterogenen Flächen: Umso näher an einer heterogenen Fläche, umso höherer Wert mit Übergangspunkt bei 50 m

Tool: Rescale by Function

Input raster: *Distanz_zu_heterogenen_Flaechen*

Output raster: *Distanz_zu_heterogenen_Flaechen_Rescale*

Transformation function: Small

Midpoint: 50

From scale: 1

To scale: 5

Kriterium Bahnlinien:**1. Eisenbahn-Layer auf Untersuchungsgebiet einschränken**

Tool: Clip

Input Features or Dataset: *swissTLM3D_TLM_EISENBAHN*

Clip Features: *Untersuchungsgebiet*

Output Features or Dataset: *Schienen_Untersuchungsgebiet*

2. Euklidische Distanz zu Bahnlinien bestimmen

Tool: Euclidean Distance

Input raster or feature source data: *Schienen_Untersuchungsgebiet*

Output distance raster: *Distanz_zu_Schienen*

Output cell size: 5

3. Reskalieren der Euklidischen Distanz zu Bahnlinien: Umso näher an einer Bahnlinie, umso höherer Wert mit Übergangspunkt bei 50 m

Tool: Rescale by Function

Input raster: *Distanz_zu_Schienen*

Output raster: *Distanz_zu_Schienen_Rescale*

Transformation function: Small

Midpoint: 50

From scale: 1

To scale: 5

Kriterium unbeleuchtete Gebäude:**1. Gebäude-Layer auf Untersuchungsgebiet einschränken**

Tool: Clip

Input Features or Dataset: *swissTLM3D_TLM_GEBAEUDE_FOOTPRINT_OST*

Clip Features: *Untersuchungsgebiet*

Output Features or Dataset: *Gebaude_Untersuchungsgebiet*

2. Strassen-Layer auf Untersuchungsgebiet einschränken

Tool: Clip

Input Features or Dataset: *swissTLM3D_TLM_STRASSE*

Clip Features: *Untersuchungsgebiet*

Output Features or Dataset: *Strassen_Untersuchungsgebiet*

3. Layer mit potenziell beleuchtete Strassen erstellen

Tool: Select

Input Features: *Strassen_Untersuchungsgebiet*

Output Feature Class: *Potenziell_beleuchtete_Strassen2*

Expression: *swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '10m Strasse' Or
swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '8m Strasse' Or
swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '6m Strasse' Or
swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '4m Strasse' Or
swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '3m Strasse' Or
swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '2m Weg' Or
swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '1m Weg'*

4. Potenziell beleuchteter Bereich um Strassen definieren

Tool: Buffer

Input Features: *Potenziell_beleuchtete_Strassen2*

Output Feature Class: *Potenziell_beleuchteter_Strassenbereich*

Distance: 5 Meters

Dissolve Type: Dissolve all output features into a single feature

5. Potenziell beleuchtete Teile von Gebäuden von weiterer Analyse ausschliessen

Tool: Erase

Input Features: *Gebaeude_Untersuchungsgebiet*

Erase Features: *Potenziell_beleuchteter_Strassenbereich*

Output Feature Class: *Gebaeude_unbeleuchtet*

6. Euklidische Distanz zu unbeleuchteten Gebäuden bestimmen

Tool: Euclidean Distance

Input raster or feature source data: *Gebaeude_unbeleuchtet*

Output distance raster: *Distanz_zu_unbeleuchteten_Gebaeuden*

Output cell size: 5

7. Reskalieren der Euklidischen Distanz zu unbeleuchteten Gebäuden: Umso näher an einem unbeleuchteten Gebäude, umso höherer Wert mit Übergangspunkt bei 50 m

Tool: Rescale by Function

Input raster: *Distanz_zu_unbeleuchteten_Gebaeuden*

Output raster: *Distanz_zu_unbeleuchteten_Gebaeuden_Rescale*

Transformation function: Small

Midpoint: 50

From scale: 1

To scale: 5

Kriterium Strassen:**1. Layer mit Strassen mit erwarteter negativer Wirkung erstellen**

Tool: Select

Input Features: *Strassen_Untersuchungsgebiet*

Output Feature Class: *Strassen_negative_Wirkung_erwartet*

SQL-Statement: *swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '10m Strasse' Or*

swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '8m Strasse' Or

swissTLM3D_TLM_STRASSE_OBJEKTART = '6m Strasse'

2. Euklidische Distanz zu Strassen mit erwarteter negativer Wirkung berechnen

Tool: Euclidean Distance

Input raster or feature source data: *Strassen_negative_Wirkung_erwartet*

Output distance raster: *Distanz_zu_Strassen_negativ*

Output cell size: 5

3. Reskalieren der Euklidischen Distanz zu Strassen mit erwarteter negativer Wirkung: Umso näher an einer Strasse mit erwarteter negativer Wirkung, umso niedriger der Wert mit Übergangspunkt bei 300 m

Tool: Rescale by Function

Input raster: *Distanz_zu_Strassen_negativ*

Output raster: *Distanz_zu_Strassen_negativ_Rescale300*

Transformation function: Large

Midpoint: 300

From scale: 1

To scale: 5

Weitere Schritte:**1. Gewichtete Überlagerung aller Kriterien:**

Tool: Weighted Sum

Input rasters:

Raster: *Distanz_zu_Baeumen_Rescale*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_heterogenen_Flaechen_Rescale*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_Schienen_Rescale*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_Strassen_negativ_Rescale300*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_unbeleuchteten_Gebaeuden_Rescale*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_Waldrand*

Field: Value

Weight: 1

Output raster: *Eignung_als_Flugkorridor_alle_gleich*

2. Ergebnis-Layer auf Untersuchungsgebiet zuschneiden

Tool: Clip Raster

Input Raster: *Eignung_als_Flugkorridor_alle_gleich*

Output Extent: *Untersuchungsgebiet* → "Use Input Features for Clipping Geometry"
auswählen

Output Raster Dataset: *Eignung_als_Flugkorridor_gleiches_Gewicht_Clip*

3. Ergebnis-Layer einfärben → Symbology

Primary symbology: Classify

Method: Equal Interval

Classes: 3

→ Farben manuell auswählen und Labels umbenennen in "sehr gut" (Klasse mit höchsten Werten), "gut" bzw. "schlecht" (Klasse mit niedrigsten Werten)

4. Gewichtete Überlagerung ohne heterogene Flächen

Tool: Weighted Sum

Input rasters:

Raster: *Distanz_zu_Baeumen_Rescale*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_Schiene_n_Rescale*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_Strassen_negativ_Rescale300*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_unbeleuchteten_Gebaeuden_Rescale*

Field: Value

Weight: 1

Raster: *Distanz_zu_Waldrand*

Field: Value

Weight: 1

Output raster: *Flugkorridoreignung_ohne_heterogene_Flaechen*

5. Ergebnis-Layer auf Untersuchungsgebiet zuschneiden

Tool: Clip Raster

Input Raster: *Flugkorridoreignung_ohne_heterogene_Flaechen*

Output Extent: *Untersuchungsgebiet* → "Use Input Features for Clipping Geometry"
auswählen

Output Raster Dataset: *Flugkorridoreignung_ohne_heterogene_Flaechen_Clip*

6. Ergebnis-Layer einfärben → Symbology

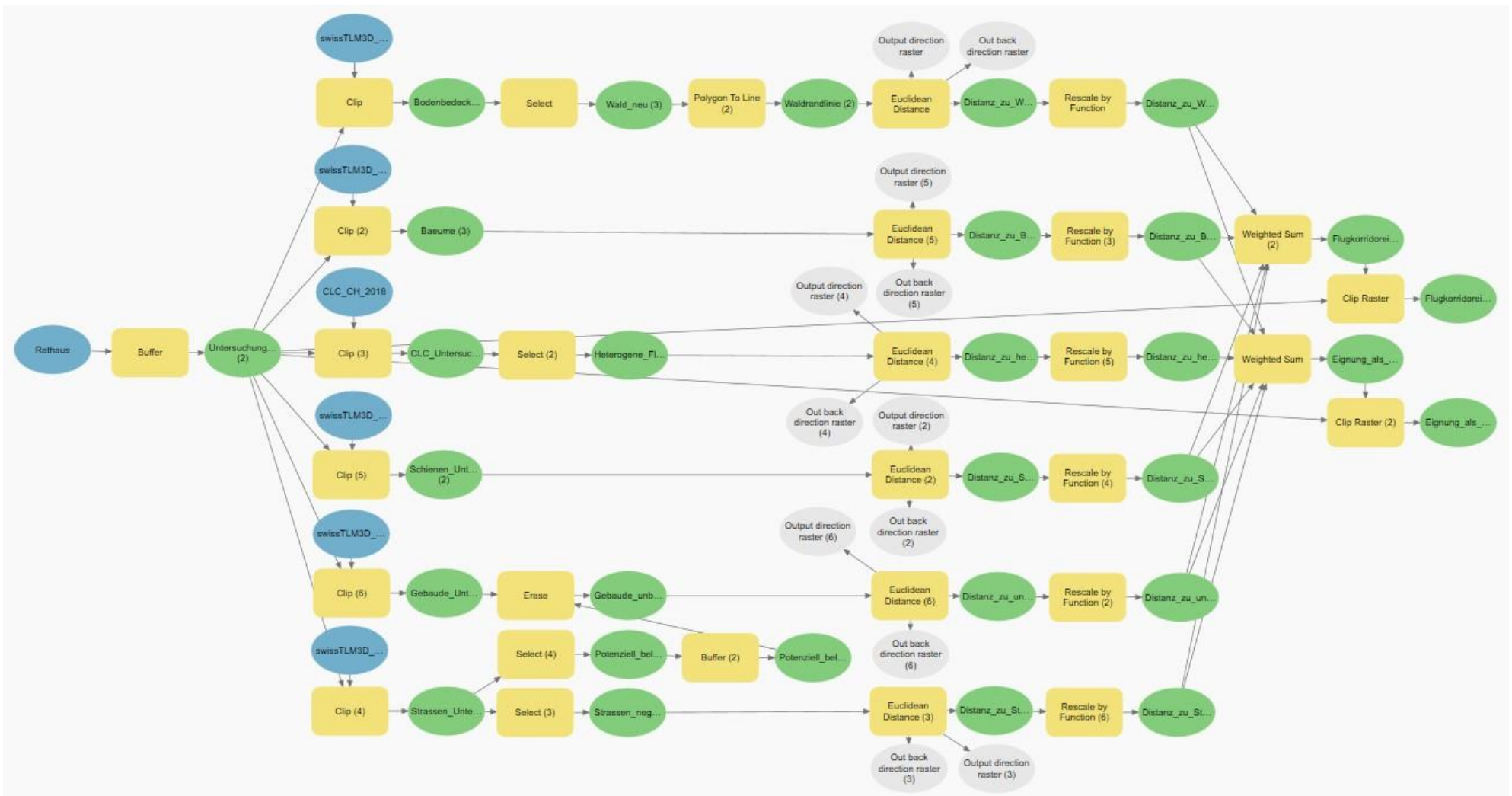
Primary symbology: Classify

Method: Equal Interval

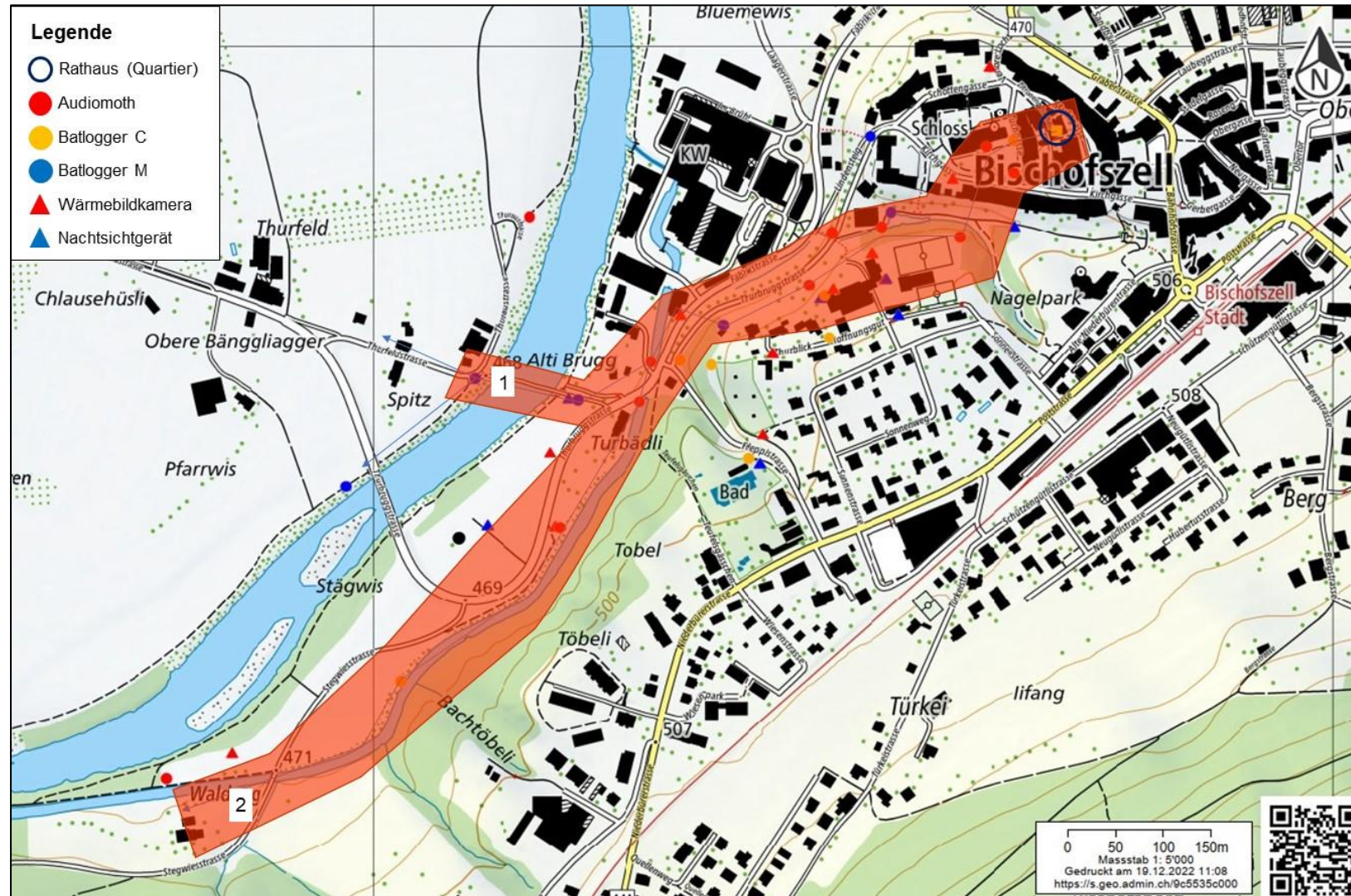
Classes: 3

→ Farben manuell auswählen und Labels umbenennen in "sehr gut" (Klasse mit höchsten Werten), "gut" bzw. "schlecht" (Klasse mit niedrigsten Werten)

Prozessmodell



B Genutzter Flugkorridor



C Eigenständigkeitserklärung

Erklärung betreffend das selbstständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Department Life Sciences und Facility Management

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

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art kann ein Disziplinarverfahren gemäss den §§ 39 und 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 i. V. m. der Verordnung zum Fachhochschulgesetz des Kantons Zürich eröffnet werden.

