



**Untersuchung der Quartiernutzung und der Quartieransprüche von gebäudebewohnenden
Fledermäusen in der Stadt Zürich**

Bachelorarbeit

von **Lukas Schweizer**

Bachelorstudiengang 2017

Abgabedatum: 14. Januar 2021

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Fachkorrektorinnen:

Nathalie Baumann (Dozentin & Beraterin ZHAW, Forschungsgruppe Grünraumentwicklung)

Anouk-Lisa Taucher (Mitarbeiterin SWILD, Siedlungsökologie, Wildtierforschung, Citizen Science)

Impressum

- Schlagworte:** Ausflugzählung, bioakustische Aufnahmen, gebäudebewohnende Fledermäuse, Gebäudequartier, Kot-Analyse, Sommerquartier, Stadt Zürich, Tagesquartier, Weissrandfledermaus, Zwergfledermaus.
- Zitiervorschlag:** Schweizer, L. (2021). *Untersuchung der Quartiernutzung und der Quartiersprüche von gebäudebewohnenden Fledermäusen in der Stadt Zürich*. Bachelorarbeit (unveröffentlicht). Wädenswil. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.
- Adresse des Instituts:** Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Grüntalstrasse 14, Postfach
8820 Wädenswil
- Titelbild:** Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*) (Bild: Yves Bilat).

Zusammenfassung

Über die aktuelle Nutzung von Gebäudequartieren von Fledermäusen in der Stadt Zürich ist wenig bekannt. Die regelmässige Kontrolle der Fledermausquartiere ist zeitaufwändig. Kenntnisse über das Vorkommen von Fledermausquartieren sind jedoch relevant für den Schutz und die Förderung der Fledermäuse.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wurden vom 7. April 2020 bis am 31. August 2020 49 bekannte Gebäudequartiere der Stadt Zürich auf die aktuelle Nutzung durch Fledermäuse überprüft. Die Feldarbeiten wurden von 16 StadtNatur-Beobachtenden, -Mitarbeitenden, Freiwilligen sowie dem Autor der Arbeit durchgeführt. Dabei wurden in den von Fledermäusen genutzten Gebäudequartieren die Anzahl der Fledermäuse beim abendlichen Ausflug gezählt und die Rufe der Fledertiere aufgezeichnet. Mittels einer Analyse der Ultraschallaufnahmen der Fledermaus-Rufe wurde dabei die Fledermausart ermittelt. Konnten durch die räumliche Struktur, Ausflughöhe oder geringe Anzahl ausgeflogener Individuen keine Rufe aufgezeichnet werden, wurde die Fledermaus-Art mittels Kotproben eruiert.

In 12 (24.5%) der 49 bekannten Quartieren wurden Fledermäuse nachgewiesen. Während den Quartierkontrollen wurden zusätzlich 45 bisher noch unbekannte Fledermausquartiere gefunden. Bei den insgesamt 57 von Fledermäusen genutzten Quartieren handelt es sich hauptsächlich um Sommerquartiere.

In der Summe konnten in 18 Quartieren Weissrandfledermäuse (*Pipistrellus kuhlii*) und in 17 Quartieren Zwergfledermäuse (*Pipistrellus pipistrellus*) nachgewiesen werden. Dabei scheinen Weissrandfledermäuse Quartiere mit einer hohen Lufttemperatur während des Tages zu bevorzugen. Dies könnte damit in Korrelation stehen, dass in diesen, wärmeren Quartieren der Körper der Fledermaus mehr Energie verbraucht und damit gleichzeitig die Entwicklung der Jungtiere beschleunigt. Es könnte aber auch damit zusammenhängen, dass sich viele Quartiere im innerstädtischen Bereich befinden und dort die Temperatur aufgrund der Lage höher ist. Zwergfledermäuse bevorzugen Quartiere mit viel Grünflächen und einer hohen Baumbedeckung in der Umgebung. Vegetationsflächen können nahrungsreiche Flächen sein und wie Bäume lineare Strukturen darstellen, welche zur Navigation dienen und Schutz vor Feinden bieten.

Abstract

Little is known about the current use of building roosts of bats in the city of Zurich. Regular monitoring of bat roosts is time-consuming. However, knowledge about the occurrence of bat roosts is essential for the protection and support of bat populations.

From April 7, 2020 to August 31, 2020, 49 known building roosts in the city of Zurich were observed in order to see if they are still used by bats. Thereby, the fieldwork was conducted by 16 StadtNatur observers, staff members and volunteers as well as the author of this thesis. Hereby, the number of bats using a building roost was counted and the calls of the bats were recorded during evening excursions, which were conducted at least once a month for all the roosts used by bats. Additionally, the ultrasonic recordings of the bat calls were analyzed in order to determine the bat species using the roost. If calls could not be recorded due to the specific spatial structure, excursion height, or low numbers of individual bats fledging, fecal samples were analyzed to determine the species.

Bats were detected in 12 (24.5%) of the 49 known roosts. During the roost inspections, 45 previously unknown bat roosts were found and added to the observation sample. The total of 57 roosts are mainly summer roosts.

Thereby, white-edged bats (*Pipistrellus kuhlii*) were detected in 18 quarters and common pipistrelle bats (*Pipistrellus pipistrellus*) in 17 quarters. White-edged bats seem to prefer roosts with a high air temperature during the day. This can be explained by the fact that in warmer roosts the body consumes more energy, which accelerates the development of the young bats. However, it could also be related to the fact that many roosts are located in inner-city areas, where the temperature is higher due to the location. Pipistrelle bats prefer roosts with a lot of green space and high tree cover in the surrounding area. Vegetated areas can be food-rich areas and, like trees, provide linear structure that can be used for navigation and offer protection from enemies.

Dank

Ich danke folgenden Personen, die bei den Kontrollen der Fledermausquartiere mitgearbeitet haben: Gaby Abt, Lorenz Achtnich, Dr. Fabio Bontadina, Lucretia Deplazes, Simone Dischler, Patrizia Glauser, Dr. Sandra Gloor, Dorothee Häberling, Sarah Hilfiker, Rainer Klotzbücher, Sarah Mundwiler, Heidi Ruchti, Martin Schiller, Laura Schuerz, Theres Székely, Anouk Taucher.

Bei Katja Rauchenstein möchte ich mich für die Einführung in die Bioakustik der Fledermäuse sowie der Software Batscope herzlich bedanken.

Ein grosser Dank möchte ich Kathi Märki aussprechen für die Analyse der Fledermaussequenzen.

Dr. Fabio Bontadina und Anouk Taucher möchte ich für die Inputs zum methodischen Vorgehen der Feldarbeit sowie der Auswertung und Interpretation der Resultate herzlich danken.

Den kantonalen Fledermausschutzbeauftragten Lea Morf und Karin Safi-Widmer danke ich herzlich für die Bereitstellung der Standorte der gemeldeten Gebäudequartiere der Fledermäuse in der Stadt Zürich und den Ratschlägen für die Feldarbeit sowie Interpretation gefundener Hinweise auf Fledermäuse während der Arbeit im Feld.

Ein herzlicher Dank geht an SWILD für das Ausleihen eines Batscanners und eines Batloggers inkl. Mikrofon für die Feldarbeit.

Ich danke Isabella Achtnich und Simon Mösch für die Unterstützung beim Korrekturlesen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Theoretische Grundlagen	10
2.1	Fledermäuse	10
2.1.1	Echoortung	11
2.1.2	Jahreszyklus	12
2.1.3	Quartiere	13
2.1.4	Weissrandfledermaus.....	15
2.1.5	Zwergfledermaus.....	16
3	Material und Methoden	17
3.1	Untersuchungsgebiet.....	17
3.2	Auswahl der Fledermausquartiere	17
3.3	Citizen Science.....	19
3.4	Kontrollen von gemeldeten Fledermausquartieren.....	19
3.5	Erhebung Quartierparameter.....	20
3.6	Neue Quartiere finden	22
3.7	Bioakustische Erfassung und Datenauswertung	22
3.8	Kot-Analyse.....	23
3.9	Einteilung der Quartiere.....	23
3.10	Datenaufbereitung	24
3.11	Datenauswertung: Generalisierte lineare Modelle.....	25
4	Resultate	26
4.1	Quartierkontrolle	26
4.2	Arten	33
4.3	Anzahl und Quartierart	35
4.4	Weitere Resultate	38

4.5	Welche Faktoren erklären das Vorkommen von Zwerg- und Weissrandfledermäuse in den Gebäudequartieren	42
4.5.1	Modell mit Radius von 25 m	42
4.5.2	Modell mit Radius von 100 m	43
5	Diskussion	44
5.1	Quartierkontrolle	44
5.2	Arten	45
5.3	Anzahl und Quartierart	49
5.4	Weitere Resultate	50
5.5	Welche Faktoren erklären das Vorkommen von Zwerg- und Weissrandfledermäusen in den Gebäudequartieren	51
5.5.1	Modell mit Radius von 25 m	51
5.5.2	Modell mit Radius von 100 m	52
5.6	Schutz von Gebäudequartieren	55
6	Schlussfolgerung	56
7	Literaturverzeichnis	58
8	Abbildungsverzeichnis	63
9	Tabellenverzeichnis	65
	Anhang	I

1 Einleitung

Wilde Säugetiere in der Stadt Zürich? Da kommen einem zuerst Fuchs, Dachs oder Igel in den Sinn. Doch nicht alle streifen auf vier Beinen durch die Stadt, die einen flattern in der Nacht unbemerkt durch die Lüfte. Von den 30 in der Schweiz vorkommenden Fledermausarten (Bohnenstengel et al., 2014) wurden 14 Arten in der Stadt Zürich nachgewiesen (Ineichen & Ruckstuhl, 2010). Doch gerade im Siedlungsraum haben Unwissenheit oder gar Verheimlichung von Fledermausvorkommen negative Folgen für die Tiere, wobei durch Öffentlichkeitsarbeit einen Beitrag zum Schutz der Fledermäuse geschaffen werden kann (Dietz & Kiefer, 2014). Dieser Schutz ist dringend nötig, denn obwohl sämtliche Fledermausarten geschützt sind, gelten gemäss der Roten Liste von den 26 bewerteten einheimischen Fledermausarten 58 Prozent als gefährdet (Bohnenstengel et al., 2014). Lediglich die Weissrandfledermaus, die Zwergfledermaus sowie zwei weitere Arten sind nicht gefährdet (ebd.).

Die synanthrope Weissrandfledermaus rückt allmählich aus dem mediterranen Raum nach Norden vor (Dietz & Kiefer, 2014). Im Winter 1983 wurde sie erstmals in der Stadt Zürich gesichtet (Stutz & Haffner, 2014). Wie die Zwergfledermaus nutzt sie verschiedene Spalten an Gebäuden als Quartier zur Jungaufzucht. Die Zwergfledermaus ist die häufigste und zweitkleinste Fledermausart der Schweiz (Ineichen & Ruckstuhl, 2010). Die beiden Arten können gemischte Wochenstuben bilden (Dietz, Niel & von Helvesen, 2007). Es scheint jedoch, dass die Weissrandfledermaus als konkurrenzstärkere Art die Zwergfledermaus aus städtischen Gebieten zu verdrängen mag (ebd.). Obwohl sie erst seit etwa 30 Jahren nördlich der Schweizer Alpen vorkommt, übertreffen die Populationen, die zuvor häufigste Art in den Städten, die Zwergfledermaus (Sattler, 2009). Wahrscheinlich profitiert die Weissrandfledermaus von den wärmeren Temperaturen in den Städten (ebd.). Die bauliche Verdichtung und der moderne Städtebau zerstören und verhindern Nistmöglichkeiten für Wildtiere im Siedlungsraum (Ineichen & Ruckstuhl, 2010). Davon sind auch Zwerg- und Weissrandfledermaus betroffen. Durch energetische Sanierungen und Abrisse von bestehenden Gebäuden werden Quartiere vernichtet oder die Fledermäuse werden in ihrem Zuhause gestört (Dietz & Kiefer, 2014). Für die Stadt Zürich sind die Meldungen von Fledermausquartieren während den letzten 35 Jahren festgehalten. Der Zustand der meisten Quartiere und ihre Nutzung ist jedoch ungewiss (Taucher & Gloor, 2019). Besonders für Fledermausarten mit speziellen Quartieren, die in einer begrenzten Anzahl vorkommen, kann ein Quartierverlust gravierende Folgen haben (Dietz et al., 2007). Doch auch Weissrand- und Zwergfledermäuse sind auf den Erhalt von Wochenstuben und Winterquartiere angewiesen, damit der Fortbestand der Fledermauspopulation gesichert werden kann. Eine Bestandserfassung kann als Grundlage dienen, den Standort und die Art allfälliger Schutzmassnahmen zu formulieren (ebd.).

Ziel dieser Arbeit ist es, mittels bioakustischer Aufnahmen Fledermausquartiere der Stadt Zürich, welche in und an Gebäuden liegen, zu kontrollieren. Dabei sollen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Existieren die bekannten Quartiere noch?
2. Welche Fledermausarten bewohnen die Quartiere?
3. Wie viele Fledermäuse bewohnen das Quartier?
4. Handelt es sich um ein Tages-, Zwischen- oder Sommerquartier?
5. Wo liegt das Quartier (Höhe, Exposition, Alter des Gebäudes, etc.)?

Aufgrund der erhobenen Daten wird dann untersucht, ob sich die Quartieransprüche der Weissrand- und Zwergfledermäuse unterscheiden und welchen Einfluss das Populationswachstum der Weissrandfledermaus auf andere Fledermausarten, insbesondere auf die Zwergfledermaus hat.

Für die Kontrolle der Quartiere ist relevant, wann sich die Fledermäuse in welchen Quartieren aufhalten und wie sich die Fledermausart ermitteln lässt. Für die Auswahl der Parameter, welche zu den Fledermausquartieren erfasst werden, und der Interpretation der Quartieransprüche, ist nebst der Kenntnis von Biologie und Ökologie der Fledermäuse auch spezifisches Wissen zu den Arten Weissrand- und Zwergfledermaus von Nöten. Dies wird in den Grundlagen behandelt.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Fledermäuse

Von den 41 in Europa vorkommenden Fledermausarten (Skiba, 2009) leben 30 Arten in der Schweiz. Damit sind ein Drittel der wildlebenden Säugetiere der Schweiz Fledermäuse (Bohnenstengel et al., 2014). Bundesrechtlich sind alle einheimischen Fledermausarten geschützt [Art. 20 Verordnung über Natur- und Heimatschutz (NHV; SR 451.1)] (ebd.). Fledermäuse gehören zu der Ordnung *Chiroptera* (Dietz & Kiefer, 2014). Bis auf die Antarktis besiedeln Fledermäuse alle Kontinente und die meisten Lebensräume der Erde (ebd.). Obwohl sie über eine kleine Körpergrösse verfügen, können sie sehr alt werden (ebd.). Sie haben wenige Feinde, halten einen Winterschlaf und können Zellgifte, die den Alterungsprozess vorantreiben, teilweise abbauen (ebd.). Damit kompensieren die europäischen Fledermäuse die Tatsache, dass sie im Gegensatz zu anderen kleinen Säugetieren nur ein bis zwei Junge pro Jahr gebären (ebd.). Sie sehen schwach in schwarz-weiss (ebd.). Trotzdem erfassen die Fledermäuse Tag und Nacht (Gebhard, 1997). Die sich jahreszeitlich verändernden Tageslängen geben den Tieren einen Anhaltspunkt sich fortzupflanzen oder den Winterschlaf zu halten (ebd.). Fledermäuse sind die einzigen Säugetiere, die aktiv Fliegen können (ebd.). Bei Langstreckenflügen orientieren sie sich entlang des Magnetfeldes der Erde, durch den sogenannten Magnetsinn (Dietz & Kiefer, 2014). Aus Mund sowie Nase senden sie Rufe, die sie mit den Ohren empfangen, verarbeiten und zur Orientierung in der Nacht nutzen (ebd.). Während des Tages passen die Fledermäuse ihre Körpertemperatur der kühleren Umgebungstemperatur an (Gebhard, 1997). So können sie tagsüber nicht fliegen, haben eine verlangsamte Reaktionsfähigkeit und regen sich nur kriechend (ebd.). Vor dem Jagen erhöhen sie ihre Körpertemperatur wieder. Die Tageslethargie erlaubt es den Fledermäusen beim reduzierten Stoffwechsel, Energie zu sparen (ebd.). Entsprechend können sie Zeitspannen, bei der schlechtes Wetter herrscht und nur wenige Insekten fliegen, besser ertragen (ebd.). Um 1950 brach der Bestand europäischer Fledermausarten drastisch ein (Dietz & Kiefer, 2014). Die Insektenmasse verringerte sich einerseits durch den technischen Fortschritt der Landwirtschaft und andererseits durch den Einsatz von Insektiziden in der Land- und Forstwirtschaft, sowie im privaten Bereich (ebd.). Es wird angenommen, dass sich weitere Faktoren, wie die Intensivierung der Landwirtschaft, die 1930 begann, gegenseitig verstärkten und zum Rückgang der Fledermausbestände beigetragen haben (Dietz et al., 2007). Nach jahrzehntelangen Fledermausschutzmassnahmen und dem Verbot von giftigen Substanzen wie DDT und Lindan, haben sich die Bestände der meisten Arten wohl gefestigt (ebd.).

2.1.1 Echoortung

Mit der Echoortung können sich Fledermäuse bei Dunkelheit orientieren (Dietz & Kiefer, 2014). Sie erfassen und ermitteln Objekte und könne verschiedene Formen und Oberflächenstrukturen abgrenzen (ebd.). Fledermäuse pressen mit hohem Druck Luft über ihre Stimmlippen (ebd.). Weil die Stimmlippe klein und fest gespannt ist, bildet sie beim Schwingen hohe Frequenzen (ebd.). Die abgegebenen Rufe erzeugen ein Echo, welches die Fledermäuse verarbeiten (ebd.). Die Laufzeit zwischen Ruf und Echo verrät der Fledermaus die Distanz zum Gegenstand, welcher der ausgesendete Ruf als Echo reflektiert (ebd.). Während die Fledermaus Rufe aussendet, ist sie übersteuert und kann in dieser Zeit die leiseren Echos nicht verarbeiten (ebd.). Alle Fledermäuse erkennen die Richtung des Echos, indem sie den Kopf bewegen und mit ihrer Schallkeule die Umgebung abtasten (ebd.). Die Laufzeit des Echos, welches bei den jeweiligen Ohren zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt ankommt, ist ein weiteres Indiz (ebd.). Viele Arten besitzen vor dem Ohr einen Tragus, der Echos aus bestimmten Richtungen filtert (ebd.). Wenn Fledermäuse ihre Beute verfolgen, nehmen sie gleichzeitig nur Bruchteile ihrer Umgebung wahr (Gebhard, 1997). Laborversuche und Freilandbeobachtungen haben gezeigt, dass Fledermäuse oft nach ihrem Gedächtnis fliegen (ebd.).

Die Familie der Glattnasenfledermäuse (*Vespertilionidae*), zu denen auch die Weissrand- und Zwergfledermaus gehören, senden Rufe aus, die bei höheren Frequenzen beginnen und bei Tieferen enden (Dietz et al., 2007). Diese werden als frequenzmodulierte Rufe (FM) bezeichnet (ebd.). Bei Weissrand- und Zwergfledermäusen werden die Rufe zum Ende hin immer flacher (ebd.). In einer Umgebung mit wenigen Hindernissen bleibt die Frequenz der Rufe flach und beinahe konstant (ebd.). Daher werden die Rufe als „quasi-konstantfrequent“ (qCF) bezeichnet (ebd.). Neben der Dauer und der Frequenz ist der Frequenzbereich der Rufe für die Bestimmung der Art entscheidend (ebd.). Doch die Ordnungsrufe sind nicht nur artspezifisch, sondern auch situationsabhängig (ebd.). Fledermäuse, welche sich vor ihrem Quartier aufhalten oder in ihr Jagdhabitat fliegen, senden andere Rufe aus, als wenn sie an Hindernissen wie Bäumen und Hauswänden vorbeifliegen oder bei der Jagd nach Insekten (ebd.). Arten, die im freien Luftraum mit qCF-Rufen jagen, wie die Weissrand- und Zwergfledermaus, können anhand der Endfrequenz der Ortungsrufe bestimmt werden (ebd.). Weil die Rufe beinahe konstantfrequent auslaufen, entspricht die Endfrequenz annähernd der Frequenz, die im Ruf am lautesten vertreten ist (ebd.). Die Frequenz der einheimischen Fledermäuse der Gattung *Pipistrellus* bewegt sich zwischen 35 und 55 kHz (Bohnenstengel, Schönbächler & Rey, 2008). Der Ruf der Weissrandfledermaus ist zwischen 35 bis 40 kHz, während bei der Zwergfledermaus die Frequenz zwischen 42 bis 52 kHz liegt (ebd.).

Fledermäuse stossen beim Flug oder am Hangplatz Soziallaute aus. Damit kann beispielsweise ein unkundiges Jungtier in ein Quartier geführt werden (Gebhard, 1997). Eine sichere Unterscheidung zwischen der Weissrandfledermaus und der Rauhaufledermaus ist nur anhand der Sozialrufe möglich (Dietz et al., 2007). Die Frequenz des Sozialrufs der Rauhaufledermaus liegt zwischen 15 und 35 kHz und besteht aus zwei Silben (Kriner, o. J.). Der Sozialruf der Weissrandfledermaus besteht aus einer Silbe und liegt zwischen 17 und 20 kHz (ebd.). Der Sozialruf der Zwergfledermaus besteht aus einem vier- bis fünfteiligen Triller (Dietz et al., 2007).

2.1.2 Jahreszyklus

Alle einheimischen Fledermausarten fressen primär Insekten (Dietz & Kiefer, 2014). Diese finden sie im Winter in ungenügender Menge. Daher gilt es für alle Arten diese Jahreszeit mittels Winterschlafes oder Abwanderung zu überstehen (ebd.). Grundsätzlich führt dies zu einem gleichlaufenden Jahreszyklus aller einheimischen Fledermausarten (ebd.). Nach dem Winterschlaf begeben sich Weibchen oftmals in wärmebegünstigte Zwischenquartiere (Dietz et al., 2007). Die wärmeren Tage im Frühjahr führen dazu, dass die Weibchen ihren Eisprung erhalten und die gespeicherten Spermien die Eizelle befruchten (ebd.). Im Mai versammeln sich die Weibchen in Wochenstuben (Dietz & Kiefer, 2014). Dabei verfallen sie nicht in Tageslethargie, sondern wärmen sich gegenseitig und bleiben dadurch wach sowie aufgeheizt (Burkhard, 1999). Bei einer höheren Körpertemperatur entwickeln sich die Föten schneller (ebd.). Im Juni bringen die Weibchen die Jungen zur Welt und ziehen sie in den nächsten vier bis acht Wochen auf (Dietz & Kiefer, 2014). Wenn die Jungen ab Juli bis August flugfähig sind, beginnen sie eigenständig zu jagen (ebd.). Sukzessive trinken die Jungtiere weniger Muttermilch (ebd.). Die Fledermäuse keschern ihre Beute mit der Flughaut (Richarz, 2012). Gewisse Arten führen ihr Fang mit ihren Fingern zum Mund (ebd.). Andere fressen die Beute direkt von der Schwanzflughaut oder verzehren die Insekten kopfüberhängend an Frassplätzen (ebd.).

Adulte Männchen sind selten in Wochenstuben anzutreffen (Dietz & Kiefer, 2014). Sie verbringen den Sommer in Kolonien mit anderen Männchen oder als Einzelgänger und beginnen spätestens in der Paarungszeit ihren Unterschlupf zu verteidigen (ebd.). Nach dem Aufziehen der Jungtiere treffen sich Weibchen und Männchen, die in Höhlen und Stollen überwintern, schwärmend an Winterquartieren (ebd.). Dort paaren sie sich mit Individuen einer anderen Sippe (Inzuchtvermeidung) (ebd.). Fledermausarten, die weiter im Süden überwintern, paaren sich auf dem Zugweg oder im wärmer gelegenen Winterquartier (ebd.).

Im September und Oktober gilt es Fett für den Winterschlaf anzufressen (Dietz & Kiefer, 2014). Diesen verbringen sie einzeln oder in Gruppen, verborgen oder freihängend (Gebhard, 1997). Den Winter überstehen Fledermäuse, die in Höhlen überwintern, mit einem abgesenkten Stoffwechsel (Dietz & Kiefer, 2014). Dabei wachen sie nur wenige Male auf, um zu urinieren, zu koten und Wasser zu trinken (ebd.). Obwohl sie die Atmung, Herzschlag und Körpertemperatur reduzieren, um Energie zu sparen, verlieren sie bis Ende Winter ungefähr einen Drittel ihres Körpergewichtes (ebd.). Ende Winter wachen die Fledermäuse öfters auf. Die ersten Arten beginnen im März am Abend wieder zu jagen (ebd.). Aufgrund des Jahreszyklus sind Fledermäuse auf folgende Quartiere angewiesen:

- Winterquartier
- Zwischenquartier/Übergangsquartier
- Sommerquartiere: Wochenstuben, Einzelquartier/Männchenkolonie
- Balz- und Paarungsquartiere

2.1.3 Quartiere

Fledermäuse leben in Gruppen, um sich bei kühler Witterung gegenseitig aufzuwärmen (Dietz et al., 2007). Zudem tauschen sie Informationen zur Lage wichtiger Quartiere und nahrungsreicher Jagdgebiete aus (ebd.). Nachteile des Gruppenlebens sind Parasiten und Krankheiten, die in Gruppen leichter übertragen werden sowie Raubfeinde, die eine Gruppe Fledermäuse leichter wahrnehmen als einzelne Tiere (ebd.). In gemässigten Zonen benötigen Fledermäuse Versteckmöglichkeit, um sich vor Wind, Wetter und Feinden zu schützen (Dietz & Kiefer, 2014). Sie können geschützt in die Tageslethargie verfallen, ziehen ihre Jungen auf, paaren sich und halten ihren Winterschlaf (ebd.). Im mediterranen Raum sind Höhlen genügend warm und Fledermäuse bewohnen Höhlen ganzjährig und ziehen dort ihre Jungen auf (Gebhard, 1997). In Mittel- und Nordeuropa sind Höhlen zu kalt und kommen zu selten vor, damit sie als Sommerquartiere genutzt werden können (Dietz & Kiefer, 2014). Als Mitteleuropa noch mehrheitlich bewaldet war, nutzten höhlenbewohnende Fledermäuse Bäume mit Specht- und Fäulnishöhlen und Spaltenbewohner Bäume mit abstehenden Borke oder engen Spalten von Höhlen und Felsen als Quartier im Sommer (ebd.). Mit dem Bau der menschlichen Siedlungen fanden Höhlen- und Spaltenbewohner ein neues Quartierangebot (ebd.). Gebäudefledermäuse, die ursprünglichen Höhlen- und Spaltenbewohner benutzen Dächer und Fassadenspalten als Quartiere, da diese über vergleichbare Eigenschaften verfügen, wie Höhlen, Felsen und Bäume in denen die Fledermäuse natürlich lebten (ebd.).

Fledermausquartiere sind ungestörte und risikofreie Orte, die für die Tiere gut zugänglich sind (Dietz & Kiefer, 2014). Im Laufe des Jahres stellen die Fledermäuse hohe und unterschiedliche, gelegentlich undurchsichtige Anforderungen an Quartiere (ebd.). Wochenstuben, in denen Jungtiere aufgezogen werden sollen, müssen warm sein, oder von der Kolonie aufgeheizt werden (ebd.). Wenn die Jungtiere flugfähig werden, beginnen sie selbständig zu jagen (Dietz et al., 2007). Da sie noch nicht effektiv jagen, ist es besonders wichtig, dass es in der nahen Umgebung des Quartiers Gebiete mit viel Nahrung gibt (ebd.). Winterquartiere sollten gleichbleibend kühl sein (Dietz & Kiefer, 2014). Zudem werden dunkle, frostsichere Plätze mit wenig Luftzug und bedingt hoher Luftfeuchtigkeit bevorzugt (Gebhard, 1997).

Gebäude bewohnende Arten überwintern in Fels- und Mauerspalten, Brückenpfeiler und Fassadenhohlräumen (Burkhard, 1999). Fledermäuse überwintern selten in und an Gebäuden (Gebhard, 1997).

Allgemein muss im umliegenden Gebiet des Quartiers ein grosses Nahrungsangebot vorhanden sein, sodass bei der Jagd mehr Energie in Form von Beute aufgenommen als verbraucht wird (Gebhard, 1997). Alle Arten brauchen Wasserflächen, um im Flug Wasser aufzunehmen (ebd.).

2.1.4 Weissrandfledermaus

Die Weissrandfledermaus (Abb. 1) misst von Kopf bis Rumpf etwa viereinhalb Zentimeter und wiegt fünf bis acht Gramm (Hausser & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften, 1995). Am Rand der hinteren Flughaut ist oftmals ein augenfällig weisser Rand erkennbar (ebd.). Die Art kommt im ganzen Mittelmeerraum sehr häufig vor (ebd.). Die Art breitet sich gegen Norden hin aus (Dietz & Kiefer, 2014). Erst vor einigen Jahren wurde sie in Süddeutschland, Polen, dem südlichen Russland und weiteren Ländern festgestellt (ebd.). Zu Beginn konzentrierte sich das Vorkommen in der Schweiz auf die Alpensüdseite (Hausser & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften, 1995). Im Norden wurden nur vereinzelt Jungtiere aufgezogen (ebd.). Dies vor allem im Siedlungsraum und grossen Schweizer Städten (ebd.). Die Fledermausart kommt in der Schweiz hauptsächlich in Regionen vor, in welchen die jährliche Durchschnittstemperatur höher ist als der landesweite Mittelwert (ebd.). Neben dem Tessin und dem Wallis ist dies auch in Grossstädten der Schweiz der Fall (ebd.). Die Weissrandfledermaus jagt innerhalb des Siedlungsraum in Gärten, Parks, an Strassenlampen und an Gewässern (Dietz et al., 2007). Sie frisst vornehmlich Ameisen sowie Zucker- und Stechmücken (ebd.). Auch weitere Fluginsekten wie Nachtfalter werden gefressen (ebd.). Diese werden an Strassenlampen oder entlang langgezogener Flugkorridore erbeutet (ebd.). Weissrandfledermäuse nutzen Spaltenquartiere an Gebäuden und Bäumen (ebd.). Bei der Weissrandfledermaus kommen im Juni und Juli etwa 20 Weibchen in den Wochenstuben zusammen und gebären ihre Jungen (Hausser & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften, 1995). Ob ein Quartierwechsel vor oder nach der Aufzucht der Jungen stattfindet, wie bei der Zwergfledermaus, ist unklar (ebd.). Im Herbst zetern Männchen laut aus ihren Unterschlüpfen, um Weibchen anzulocken (ebd.). Über den exakten Ablauf des Balz- und Paarungsverhaltens sowie den Wechsel vom Sommer- ins Winterquartier ist wenig bekannt (ebd.).



Abbildung 1: Weissrandfledermaus (*Pipistrellus kuhlii*) (Bild: Stiftung Fledermausschutz).

2.1.5 Zwergfledermaus

Die Zwergfledermaus (Abb. 2) kommt fast in ganz Europa vor. Sie ist die zweit kleinste heimische Art in der Schweiz (Hausser & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften, 1995). In landwirtschaftlich intensiv betriebenen Gebieten und manchen Grossstädten kommen Zwergfledermäuse in den letzten Jahren weniger häufig vor, währenddessen sie sich vermehrt in ländlichen Regionen aufhalten (Skiba, 2009). Von November bis März halten die Tiere den Winterschlaf. Ab Mai finden 50 bis 120 Weibchen in Wochenstuben zusammen (Hausser & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften, 1995). Dabei werden unterschiedliche Spaltenräume an Gebäuden genutzt (Dietz & Kiefer, 2014). Rund um die Einflugöffnung werden Kotpillen angeklebt (Burkhard, 1999). Sie wechseln vor der Geburt der Jungtiere wiederholt den Tagesschlafplatz (Hausser & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften, 1995). Ende Mai bis Anfangs Juni kommen die Jungen zur Welt (ebd.). Bis dahin hat sich die Verteilung und Grösse der Kolonien eingependelt (ebd.). Die Jungen werden während drei bis vier Wochen gesäugt (ebd.). Danach beginnen sie selbst zu jagen (ebd.). Sie suchen Insekten in Gärten, Parkanlagen, an Lichtquellen, Hauswänden und warmen Mauern (Gebhard, 1997). Bei Zwergfledermäusen befinden sich Wochenstuben und Jagdgebiete etwa eineinhalb Kilometer voneinander entfernt (Jones & Davidson-Watts, 2005). Frühstens in den ersten Juliwochen verlassen die Muttertiere die Kolonie (Hausser & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften, 1995). Die Jungtiervverbände vagabundieren noch Tage bis Wochen zwischen Tagesschlafquartieren (ebd.). Die Weibchen suchen im Spätsommer und Herbst Männchen in Quartieren zur Paarung (ebd.). Die Weibchen sind im ersten Jahr, die Männchen sind innerhalb der ersten zwei Jahre geschlechtsreif. In einem Paarungsquartier kann ein Männchen mit bis zu zehn Weibchen zusammenfinden (ebd.). Von November bis März halten sie den Winterschlaf (ebd.). Bei wärmeren Bedingungen bleiben die Fledermäuse länger aktiv (ebd.). Die



Abbildung 2: Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*)
(Bild: Stiftung Fledermausschutz).

Zwergfledermäuse jagen bereits wieder an warmen Wintertagen im Januar nach Insekten (Skiba, 2009). In der Schweiz finden sich die Zwergfledermäuse im Winter selten (Hausser & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften, 1995). In Mitteleuropa nutzen sie Felsspalten, Keller, Tunnel und Höhlen als Winterquartier (Dietz & Kiefer, 2014).

3 Material und Methoden

3.1 Untersuchungsgebiet

Die Stadt Zürich ist für wandernde Fledermausarten als Überwinterungsort von internationaler Bedeutung (Haffner & Stutz, 1985). Das Untersuchungsgebiet umfasste das gesamte Areal der Stadt Zürich. Dies erstreckt sich mit einer Gesamtfläche von 8'792 ha vom Zürichberg im Westen bis hin zum Üetliberg im Osten und grenzt ans nördliche Ende des Zürichsees. Fast die Hälfte der Fläche nimmt das Siedlungsgebiet ein (Statistisches Amt des Kantons Zürich, 2020). Etwa ein Viertel des Gebiets ist bewaldet. 15 Prozent der Fläche nimmt der Verkehr in Anspruch und etwa ein Prozent machen Gewässer aus (ebd.) Der Siedlungsraum kann im ökologischen Kontext als eigenes Ökosystem mit charakteristischen Besonderheiten angesehen werden. Das Stadtgebiet ist mit Gebäuden, Strassen und anderen menschlichen Infrastrukturen bebaut. Dadurch verfügt das überbaute Gebiet über höhere Temperaturen als unbebaute Flächen (Ineichen & Ruckstuhl, 2010). Die Asphaltflächen und Gebäude speichern die Wärme tagsüber und geben sie bis zum Ende der Nacht ab (ebd.). Im Winter geben beheizte Gebäude Wärme an die Umgebung ab (ebd.). Somit ist die Temperatur in der Stadt höher als im Umland (ebd.). Zusätzlich sind Flächen versiegelt und verdichtet, wodurch Niederschläge mittels Kanalisationssystem schnell abgeführt werden und Gebäude lassen die Feuchtigkeit rasch verdunsten (Reichholf, 2007). Infolgedessen ist das Klima in der Stadt trocken (ebd.).

3.2 Auswahl der Fledermausquartiere

Als Grundlage für die Wahl der Fledermausquartiere dient eine Liste des Fledermausschutzes des Kantons Zürich. In dieser werden gemeldete Gebäudequartiere von Fledermäusen aus den letzten 35 Jahren festgehalten. Die regelmässige Kontrolle dieser Quartiere ist sehr zeitaufwändig, weshalb die Nutzung der meisten Quartiere unbekannt ist. Nur wenige Quartiere werden von Hausbesitzenden oder Bewohnenden auf die Nutzung von Fledermäusen überprüft. Dies erfolgt meist innerhalb eines Projektmonitorings. Neben Adresse, Koordinaten und Beschrieb des Ausfluges werden in der Liste auch weitere Informationen wie Quartiertyp oder die Fledermausart auf Familie-, Gattung-, oder Artniveau angegeben. Die Gebäudequartiere wurden nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

- Keine Quartiere von Rauhautfledermäusen
- Sommerquartiere und Wochenstuben, keine Winterquartiere
- keine Quartiere, die in den letzten 13 Jahren ohne Nachweis von Fledermäusen überprüft worden sind
- Keine Quartiere, von denen die letzten Angaben (Anzahl >1, Tiere/Kot, Irrflieger) länger als 13 Jahre zurückliegen

Für Quartiere von Weissrandfledermäusen galt aufgrund der bescheidenen Anzahl von sechs Quartieren in der Liste nur das Auswahlkriterium, dass es keine Winterquartiere sein dürfen.

Die Zeitspanne von 13 Jahren wurde gewählt, damit eine hohe Anzahl an Gebäudequartieren dieses Kriterium erfüllen können und die Wahrscheinlichkeit, dass Fledermäuse in Gebäudequartieren vorkommen, nicht allzu gering ist. Entsprechend wurde die Grundlage geschaffen, genügend Daten für eine empirische Untersuchung der Quartieransprüche sammeln zu können. Die Standorte der ausgewählten Gebäudequartiere sind in der Abbildung 3 ersichtlich.

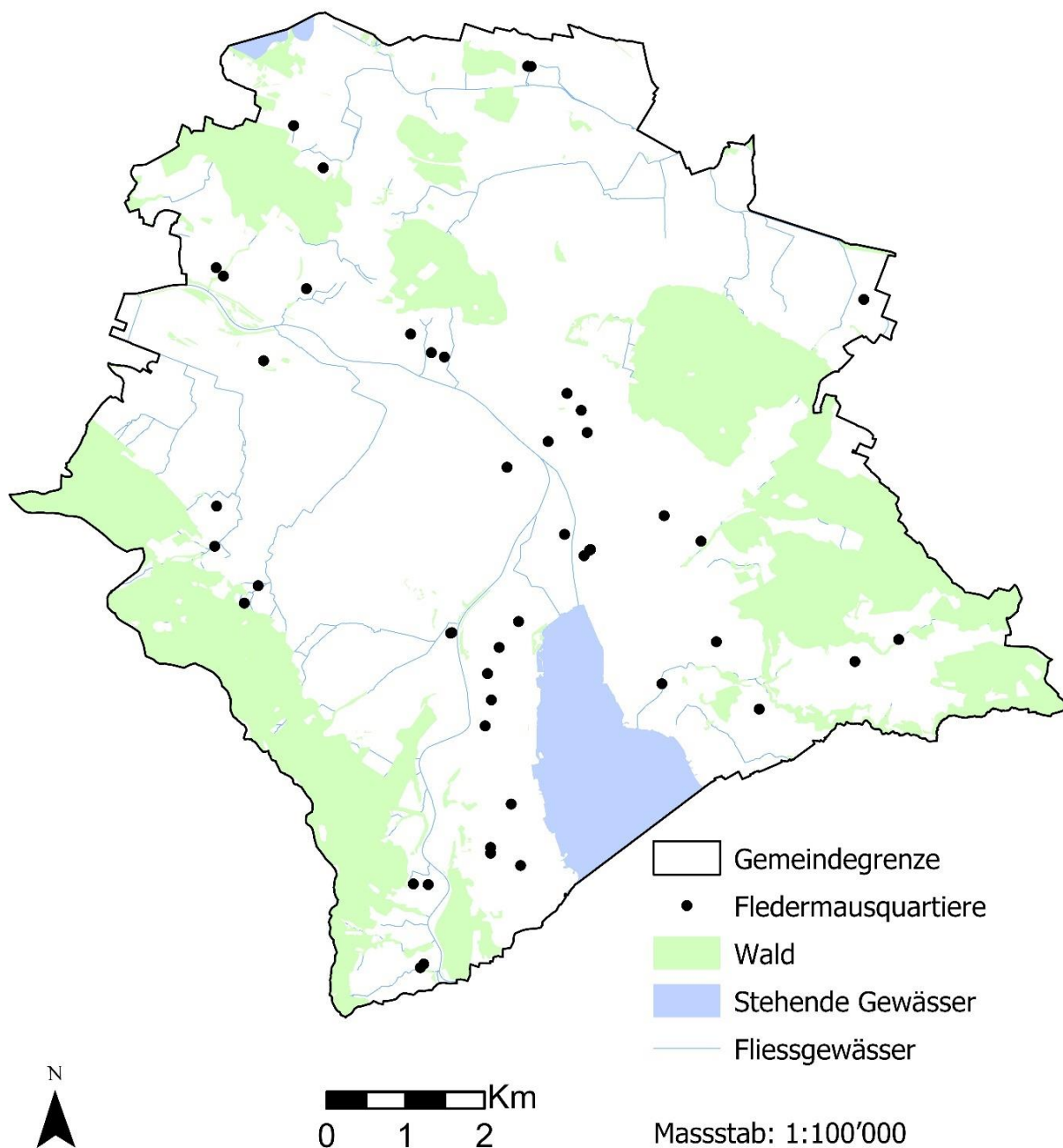


Abbildung 3: Gebäudequartiere auf dem Gemeindegebiet der Stadt Zürich, welche während April bis August mindestens ein Mal auf das Vorkommen von Fledermäusen überprüft wurden.

3.3 Citizen Science

Um die Gebäudequartiere in der Stadt Zürich zu überprüfen, haben Freiwillige mitgearbeitet. Dies waren StadtNatur-Beobachtende und Mitarbeitende von StadtWildTiere Zürich sowie weitere Freiwillige. Sie konnten sich in einer Liste im internen Bereich der Internetseite „stadtwildtiere.ch“ für die Kontrolle der Fledermausquartiere eintragen. Ihnen wurde ein Informationsblatt für Anwohnende und Gebäudebesitzende sowie ein Protokollblatt zur Verfügung gestellt (siehe Anhang A). Ihre Beobachtung konnten sie wiederum in einer Liste im internen Bereich der Internetseite „stadtwildtiere.ch“ eintragen. Vom Autor dieser Arbeit wurden Personen, welche in den Gebäuden mit neu entdeckten Fledermausquartieren wohnten, direkt angefragt, ob sie interessiert wären, ausfliegende Individuen zu zählen.

3.4 Kontrollen von gemeldeten Fledermausquartieren

Die Begehung der Quartiere fand vom 7. April 2020 bis am 31. August 2020 statt. In der Zeit von Ende Mai bis Anfang Juli kommen die Jungen der Weissrand- und Zwergfledermäuse zur Welt. Weibliche Zwergfledermäuse beziehen die Wochenstuben ab Mai (Dietz et al., 2007). Daher fliegen in diesem Zeitraum am Abend mehr Individuen aus den Fledermausquartieren und die Ausflugöffnung der Quartiere kann einfacher lokalisiert werden. Die Gebäudequartiere wurden von Freiwilligen und dem Autor dieser Arbeit entweder 30 Minuten vor Sonnenuntergang bis eine Stunde nach Sonnenuntergang überprüft. Alternativ wurde in den frühen Morgenstunden nach schwärmenden Fledermäusen Ausschau gehalten. Nach warmen und trockenen Sommernächten kann das Schwärmen bei Arten wie den Weissrand- und Zwergfledermäuse besonders gut beobachtet werden. Dabei fliegen Tiere der Kolonie wiederholt die Ausflugöffnung des Quartiers an (Dietz & Kiefer, 2014). Der bekannte Ausflugort wurde von ausserhalb des Gebäudes beobachtet. Wenn weder Ausflugort noch Exposition bekannt waren, musste in der Abenddämmerung oder in den frühen Morgenstunden um das Gebäude zirkuliert werden, um einen Ausflug festzustellen. Der Zeitpunkt des Ausfluges wird von den Wetterverhältnissen beeinflusst (Gebhard, 1997). Bei schwachem Regen können Fledermäuse verzögert ausfliegen (ebd.). Bei starkem Regen kann der Ausflug gänzlich ausbleiben (ebd.). Da Insekten bei Kälte nicht fliegen, haben auch die Fledermäuse keinen Anreiz, ihr Quartier zu verlassen (ebd.). Daher wurde die Kontrolle der Quartiere nur bei trockener Witterung und Temperaturen von über 10 Grad Celsius durchgeführt. Waren Fledermäuse vorhanden, wurden Parameter (siehe Kap. 3.5) zum Quartier erfasst und ein Foto der Ausflugöffnung gemacht. Es wurde mindestens einmal pro Monat eine Ausflugzählung durchgeführt, solange die Fledermäuse das Gebäudequartier nutzten. Der Autor dieser Arbeit nahm mit einem Batlogger die Ultraschallrufe der Fledermäuse beim abendlichen Ausflug auf (siehe Kap.3.7).

3.5 Erhebung Quartierparameter

Während der gesamten Untersuchung wurde das Material der Fassade, der Deckungsgrad der Fassade mit Pflanzen und die Quartierart (Abb. 4 und 5) aufgenommen. Die Art des Quartieres konnte folgenden Begriffen zugeordnet werden:

- andere Spalten
- First
- Mansarde
- Zwischendach
- Blechabzug Flachdach
- Rollladenkasten
- Mauerspalte



Abbildung 4: Die Quartiertypen andere Spalten (links oben), First (rechts oben), Mansarde (links unten) und Zwischendach (rechts unten).



Abbildung 5: Die Quartiertypen Blechabzug Flachdach (rechts oben), Rollladenkasten (links oben) und Mauerspalte (links unten).

Mit einem Höhenmessgerät (Suunto PM-5/360 PC) wurden die Höhen der Fledermausquartiere gemessen. Die Skala im Höhenmesser zeigte einen Wert an, wenn die Waagrechte bei der Unterkante der Fassade des Gebäudes betrachtet wurde. Dabei wurde in einem Abstand von 15 Metern zur Gebäudefassade des Fledermausquartiers gemessen. Ein zweiter Wert konnte abgelesen werden, wenn die Ausflugöffnung des Fledermausquartiers anvisiert wurde. Diese beiden Werte werden addiert und ergaben die Höhe des Quartiers. Im Juli und August wurde am Abend beim ersten Ausflug einer Fledermaus aus einem Gebäudequartier eine Lux-Messung (URCERI Digital Luxmeter Tragbare Photometer Belichtungsmesser) durchgeführt.

3.6 Neue Quartiere finden

Bei den Überprüfungen der bekannten Gebäudequartieren im Mai waren die Quartiere häufig ungenutzt, jedoch flogen oftmals Fledermäuse in der Umgebung. Um die Stichprobengrösse für die Datenauswertung zu erhöhen, wurde zusätzlich das nahe Umfeld am Morgen nach schwärmenden Fledermäusen abgesucht. Nach der Rückkehr von der Jagd fliegen die Fledermäuse mehrmals Richtung Eingang, bis sie schlussendlich entscheiden einzufiegen (Gebhard, 1997). Bei einer Begehung können damit erfolgreich Mücken-, Weissrand- und Zwergfledermäuse beobachtet werden (Dietz & Kiefer, 2014).

Spaltenquartiere lassen sich zudem effektiv mit Hilfe der Bevölkerung finden. Hinweise auf Quartiere in und am Gebäude geben Kot oder Frassreste wie Falterflügel (Gebhard, 1997). Dafür ist ein Aufruf in der Presse und sozialen Medien nach (Dietz & Kiefer, 2014) am erfolgversprechendsten. Der Verein StadtNatur rief in der Medienmitteilung vom 17. Juni 2020 (siehe Anhang B) die Bevölkerung dazu auf, Fledermausquartiere in der Stadt Zürich zu melden. Eingegangenen Hinweisen wurde bis Ende August nachgegangen.

3.7 Bioakustische Erfassung und Datenauswertung

Der Vorteil der Bioakustik ist die automatisierte Datenerhebung. Teilweise ist die Erkennung der Fledermausart aufgrund der ähnlichen Rufe der verschiedenen Arten schwierig. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Distanz, in welcher Rufe erfasst werden, abhängig vom Gerät, Mikrofon, der Lufttemperatur und -feuchte, sowie von den Rufcharakteristiken der Fledermausart ist. Innerhalb der gesamten Feldarbeit wurde dasselbe Gerät (Elekon Batlogger M) mit identischer Einstellung verwendet. Der Batlogger M zeichnete die Fledermausrufe in Echtzeit auf und speicherte sie auf eine SD-Karte. Diese Methode erlaubte eine spätere Validierung der Arten. Das Mikrofon wurde nach Möglichkeit so platziert, dass es möglichst wenig Echos ausgesetzt war. Es wurde angestrebt, einen Abstand von mindestens 10 Metern zur Gebäudefassade einzuhalten. Das Mikrofon wurde einen Meter über Boden aufgestellt. In Ausnahmefällen konnte es über der idealen Mindesthöhe von eineinhalb Metern befestigt werden. Das Mikrofon des Batlogger M wurde im 45 Grad Winkel auf die Ausflugöffnung der Gebäudequartiere gerichtet. Beim Ausflug der Fledermäuse wurde die Anzahl Individuen und die Zeit des Ausfluges der einzelnen Individuen notiert. Es wurden ausschliesslich Rufe ausgewertet, welche zum Zeitpunkt des Ausfluges einer Fledermaus aufgenommen worden ist. Für die Artbestimmung anhand von Fledermausrufen ist eine langjährige Erfahrung unerlässlich (Bader et al., 2018). Die Rufe wurden zuerst durch den Autor dieser Arbeit in der Software BatScope (Version 3) versucht zu identifizieren. Anschliessend wurden die Rufe von Kathi Märk, SWILD, eine Expertin für die Validierung von akustischen Fledermausnachweisen, überprüft.

3.8 Kot-Analyse

Wegen der räumlichen Struktur konnte das Mikrofon des Batloggers nicht immer am idealen Standort aufgestellt werden. Bei gewissen Quartieren war die Ausflugsöffnung des Fledermausquartiers sehr hoch am Gebäude oder es flogen nur wenige Individuen aus dem Quartier. Dadurch konnten nicht für jedes Quartier auswertbare Rufe von Fledermäusen aufgezeichnet werden. Deshalb wurde bei diesen Gebäudequartieren nach Kot gesucht, um die Art anhand einer DNA-Analyse zu bestimmen. Der Kot wurde durch die Firma Microsynth ecogenics GmbH analysiert (Protokoll siehe Anhang C).

3.9 Einteilung der Quartiere

Der Fledermausschutz des Kantons Zürich teilt die Quartiere nach folgenden Vorgaben in der Datenbank der Schweizerischen Koordinationsstelle für Fledermausschutz (KOF) ein (Safi-Widmer, 2020):

- Winterquartier (1.10.-31.3)
- Übergangsquartier (Temporär vor Sommer- oder Wintersaison genutzt und Tiere im Sommer abwesend)
- Sommerquartier (1.4.-30.9., ohne Nachweis von Fortpflanzung)
- Wochenstube (1.4.-30.9., mit Nachweis von Juvenilen oder laktierenden Weibchen)
- Balz- und Paarungsquartier (Beobachtung Balz oder Paarung, z.B. Balzrufe)
- Unbestimmtes Quartier (nicht näher definiert)

Männchenquartiere werden je nach Beobachtung in die Kategorie Sommer- oder Übergangsquartiere eingeteilt (Safi-Widmer, 2020). Die genannte Kategorisierung der Quartierart wurde für diese Arbeit übernommen.

3.10 Datenaufbereitung

Die Exposition der Quartiere wurde manuell anhand der Abbildung 6 bestimmt. Die Werte für die Variablen in der Tabelle 1 wurden manuell aus den entsprechenden Karten des GIS-Browsers des Kantons Zürich erfasst. Die Daten der Variablen in der Tabelle 2 wurden mittels ArcGIS Pro (Version 2.2.4) aufbereitet. Die Datengrundlage bildeten verschiedene Shapefiles aus dem Open Data Katalog der Stadt Zürich und Shapefiles sowie ein Raster von SWILD, welche kostenlos zur Verfügung gestellt wurden. Die Exposition und die Variablen der Tabellen wurden für die Auswertung der generalisierten linearen Modelle (siehe Kap. 3.11) verwendet.

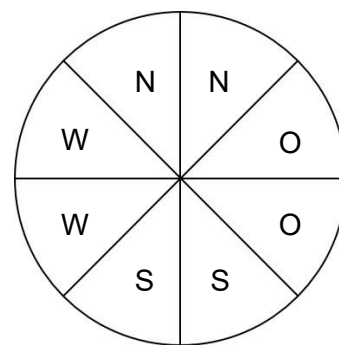


Abbildung 6: Grundlage zur Einteilung der Exposition der Fledermausquartiere.

Tabelle 1: Die Tabelle zeigt, aus welche Karten des GIS Browsers des Kantons Zürich die Werte für die Daten der Variablen stammen.

Karte GIS-Browser Kanton Zürich	Variable
Gebäudealter	Gebäudealter
Lichtemissionen	Lichtemissionen
Klimamodell ZH: Analysekarten	Lufttemperatur [°C], 4 Uhr
Klimamodell ZH: Analysekarten	Lufttemperatur [°C], 14 Uhr

Tabelle 2: Die ersten beiden Shapefiles sind aus dem Open Data Katalog der Stadt Zürich. Die weiteren Shapefiles und das Raster wurden von SWILD bereitgestellt.

Shapefile/Raster	Variable
Beleuchtung.shp	Anzahl Kandelaber im 25 und 100 m Radius um das Fledermausquartier
Öffentliche Oberflächengewässer.shp	Distanz zwischen Fledermausquartier und dem nächstgelegenen Gewässer
Wald_Layer_CH shp	Distanz zwischen Fledermausquartier und dem nächstgelegenen Wald
BTK_completeCORR2.shp	Gebäude im 25 und 100 m Radius um das Fledermausquartier
BTK_completeCORR2.shp	Grünflächen im 25 und 100 m Radius um das Fledermausquartier
BTK_completeCORR2.shp	Landwirtschaftsflächen im 25 und 100 m Radius um das Fledermausquartier
BTK_completeCORR2.shp	Wald im 25 und 100 m Radius um das Fledermausquartier
BTK_completeCORR2.shp	Gewässer im 25 und 100 m Radius um das Fledermausquartier
BaumhoehenAbs_LIDAR5_50cm_STZH.tif	Baumbedeckung im 25 und 100 m Radius um das Fledermausquartier

Im Anhang D ist ersichtlich, wie die Begriffe der Biotopkartierung (BTK) der Stadt Zürich zu den Oberbegriffen der Tabelle 2 zusammengefasst wurden.

3.11 Datenauswertung: Generalisierte lineare Modelle

Um die Quartieransprüche der Weissrand- und Zwergfledermaus zu evaluieren, wurde der Einfluss der Quartiervariablen auf das Vorkommen der Zwerg- und Weissrandfledermaus im Gebäudequartier untersucht. Dazu wurden zwei generalisierte lineare Modelle (GLM) berechnet. Es wurde je ein Modell innerhalb eines 25 und 100 Meter-Radius für die zwei Arten Zwergfledermaus und Weissrandfledermaus gerechnet. Dabei wurden ausschliesslich die Daten der Fledermausquartiere verwendet, bei denen die Art bestimmt werden konnte und bei denen mindestens bei einer Ausflugszählung während April bis August mehr als sieben Individuen festgestellt werden konnten. Die Anzahl von mehr als sieben Individuen wurde gewählt, um Tagesquartiere und Männchenkolonien auszuschliessen und hauptsächlich Sommerquartiere von Weissrand- und Zwergfledermaus-Weibchen zu vergleichen. Zur statistischen Analyse wurde R (Version 3.4.1) in Kombination mit RStudio (Version 1.0.153) verwendet.

Als Zielgrösse (y-Variable) wurde die Fledermausart des jeweiligen Gebäudequartiers ausgewählt. Es handelt sich um ein binomiales Modell, wobei die y-Variable die Werte Zwergfledermaus = 0, und Weissrandfledermaus = 1 enthielten. Die erklärenden Variablen (x-Variable) wurden anhand der Funktion `cor` mit der Methode „pearson“ auf Korrelationen getestet. Korrelierten Variablen miteinander, wurde ab einen Wert von 0.5 (Cohen, 1988) jeweils nur eine der korrelierenden Variablen ins Modell aufgenommen.

Bei der schrittweisen Rückwärtsauswahl wurden die Variablen mit dem höchsten p -Wert (wenigste signifikante Variable) aus dem Modell entfernt, bis sich der AIC (Akaiikes Informationskriterium) des Modelles nicht mehr verbesserte. Für alle im Modell verbleibenden Variablen wurde die Kollinearität mittels Variations-Inflationsfaktoren (VIFs) überprüft. Werte über zehn wiesen auf starke Kollinearität und Werte über vier wiesen auf Kollinearität hin.

Die Modellgüte (Pseudo R^2) wurden mit `LogRegR2` berechnet. Dabei gelten McFaddens R^2 , Cox und Snell R^2 und Nagelkerke R^2 bei einem Wert von 0.4 als gut (Backhaus, Erichson, Plinke & Weiber, 2018; Bühl, 2014). Mit `contributionByLevel` wurde die Wichtigkeit der einzelnen Variablen berechnet. Der Wert gibt die Differenz vom McFaddens R^2 , Cox und Snell R^2 und Nagelkerke R^2 zum jeweiligen Modell ohne die Variabel an, woraus sich die Wichtigkeit der einzelnen Variablen ableiten lässt (Azen & Traxel, 2009).

4 Resultate

4.1 Quartierkontrolle

In der Untersuchungsperiode wurden in 76 Einsätzen am Morgen und Abend 49 Gebäudequartiere von Fledermäusen durch 16 Personen kontrolliert. Die Abbildung 7 zeigt, in welchen Quartieren Fledermäuse nachgewiesen werden konnten. In 12 Quartieren (24.5%) konnten Fledermäuse durch Kot oder der Beobachtung von ausfliegenden Fledermäusen nachgewiesen werden. 37 bekannte Quartiere (75.5%) wurden nicht mehr genutzt, jedoch gab es um das Quartier herum eine hohe Fledermausaktivität. Die Fledermäuse konnten durch das direkte Beobachten von fliegenden Individuen sowie der Erfassung der Fledermausrufe mittels Batdetektor festgestellt werden. Daher wurde in 62 Einsätzen, mehrheitlich in den frühen Morgenstunden nach schwärmenden Fledermäusen in der Umgebung von bekannten Quartieren gesucht. Weiter wurde Hinweisen aus der Bevölkerung nachgegangen, welche mehrere fliegende Tiere während der Abenddämmerung in der Nähe eines Gebäudes sahen. Dabei konnten 45 neue Fledermausquartiere gefunden werden. Die neuen Quartiere befanden sich mehrheitlich im nahen Umfeld der bekannten überprüften Fledermausquartiere, da grösstenteils in der Umgebung gesucht wurde. In der Tabelle 3 ist ersichtlich, wann die bekannten Quartiere überprüft und von Fledermäusen bewohnt waren. Die Quartiere an der Hofstrasse und Limmattalstrasse wurden von den Anwohnenden verschlossen, womit die Quartiere nicht mehr von Fledermäusen genutzt werden können. Die Tabelle 4 zeigt, wann in den neu entdeckten Quartieren Fledermäuse festgestellt werden konnten.

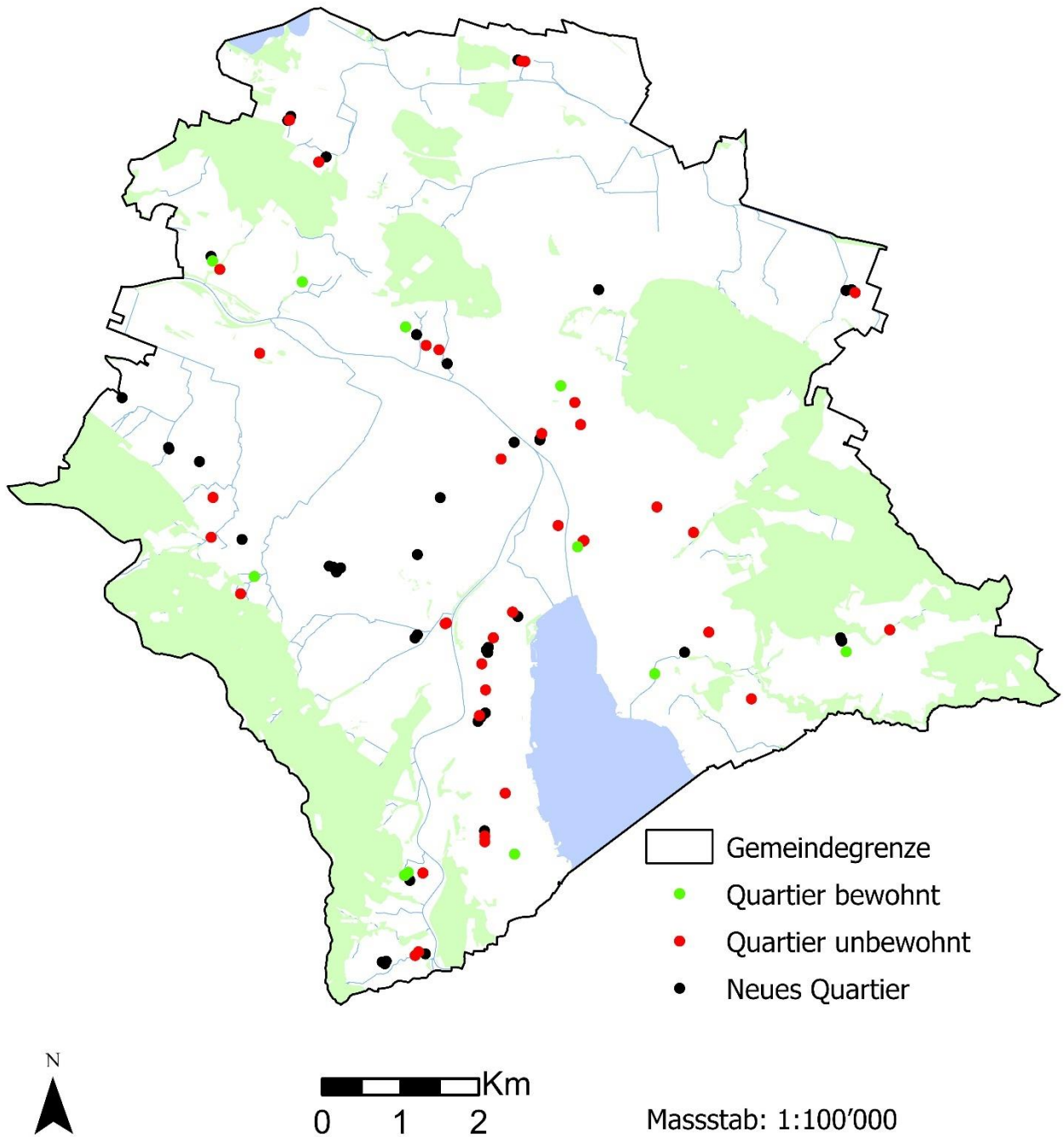


Abbildung 7: Die roten Quartiere waren zum Zeitpunkt der Kontrolle unbewohnt. In den grünen Quartieren konnten Fledermäuse nachgewiesen werden. Die schwarzen Punkte kennzeichnen Quartiere, welche neu entdeckt wurden.

Tabelle 3: Die Tabelle zeigt, ob bei der Kontrolle der Gebäudequartiere Fledermäuse nachgewiesen werden konnten (✓, grün) oder ob die Quartiere unbewohnt waren (x, rot).

Quartier	April	Mai	Juni	Juli	August
Bahnhofquai 3		x			
Froschaugasse 16	x	x			
Froschaugasse 20		x			
Rindermarkt 7		✓	x		
Albisstrasse 28	x	x			
Frymannstrasse 29	x				
Gotthardstrasse 56				x	
Kurfürstenstrasse 11	x		x		
Mutschellenstrasse 23	x	x	x		
Schulhausstrasse 16	x	x	x	x	x
Steinhaldenstrasse 52			x		
Rellstabstrasse 19	x	✓	✓	✓	
Rellstabstrasse 19	x	x	x	x	✓
Rellstabstrasse 25	✓	x	x	x	x
Sihlweidstrasse 6		x			x
Sihlweidstrasse 12		x			x
Kalchbühlstrasse 87		✓	✓	✓	✓
Lettenholzstrasse 21	x				x
Owenweg 20	x				
Eibenstrasse 4	x	x	x		x
Stationstrasse 51			x		
Josefstrasse 73		x			x
Hotzestrasse 35		✓	✓	✓	x
Scheuchzerstrasse 69		x	x		
Scheuchzerstrasse 102		x	x		
Gallusstrasse 4	x	x	x		
Lehfrauenweg 17		✓	✓		
Streulistrasse 85		x	x		
Hochstrasse 108		x			
Hofstrasse 98	x	x	x	x	x
Katzenschwanzstrasse 45		x			
Karl-Stauffer-Strasse 33		x	x		
Inselhofstrasse 1					✓
Albisriederstrasse 401		x			
Rossackerstrasse 102		x	✓	✓	x
Sädlenweg 6	x	x			
Untermoosstrasse 6		x			
Meierwiesenstrasse 58		x			
Frankentalerstrasse 26		✓	✓	x	
Kappenbühlweg 5		x		✓	
Limmattalstrasse 186	x	x	x	x	x
Trottenstrasse 35		x			
Trottenstrasse 63		x			
Rebbergstrasse 25		✓	✓		
Georg Kempf-Strasse 26	x	x	x		
Holderbachweg 63		x	x		
Köschenrütistrasse 143	x	x			
Köschenrütistrasse 145	x	x			
Heerenschürlistrasse 34/36			x	x	

Tabelle 4: Die Tabelle zeigt, wann die neu gefundenen Fledermausquartiere bewohnt (✓, grün) waren und zu welcher Zeit die Quartiere verlassen waren (x, rot).

Quartier	April	Mai	Juni	Juli	August
Bürglistrasse 28				✓	x
Kurfürstenstrasse 56		✓	x		
Mutschellenstrasse 34			✓		
Rossbergstrasse 48	✓	x			
Schulhausstrasse 27			✓	x	x
Schulhausstrasse 32			✓	✓	x
Schulhausstrasse 32			x	x	✓
Splügenstrasse 4				✓	✓
Grossackerstrasse 56			✓	x	x
Grossackerstrasse 68					✓
Grossackerstrasse 72					✓
Grossackerstrasse 88				✓	x
Relstabstrasse 8	✓				
Sihlweidstrasse 34				✓	x
Balberstrasse 19					✓
Burstwiesenstrasse 56					✓
Burstwiesenstrasse 67				✓	
Burstwiesenstrasse 70				✓	✓
Grubenstrasse 10			✓	✓	x
Grubenstrasse 10					✓
Ottilienstrasse 19			✓	✓	✓
Schaukelbergerstrasse 55				✓	
Stauffacherstrasse 174			✓		
Sihlquai 125					
Engweg 3	✓	x	x		
Engweg 3	x	✓	x		
Buchholzstrasse 101				✓	✓
Buchholzstrasse 103				✓	✓
Buchholzstrasse 107				✓	✓
Drahtzugstrasse 39		✓			
In der Ey 20			✓	x	
Girhaldenweg 3			✓		
Girhaldenweg 5			✓	x	
Hätzlergasse 25			✓		
Wickenweg 52				✓	✓
Imbisbühlstrasse 149				✓	x
Nordstrasse 364		✓	✓	✓	
Wipkingerweg 17		✓	x		
Furttalstrasse 79				✓	x
Georg Kempf-Strasse 25	✓	✓	✓	x	x
Bülachstrasse 20					✓
Köschenrütistrasse 147		✓			
Holderbachweg 59		✓	✓	x	
Heerenschürlistrasse 23/25				✓	✓
Heerenschürlistrasse 39/41			✓		

Die nachfolgenden Abbildungen (Abb. 8-11) zeigen, dass mehrere Fledermausquartiere nahe beieinander lagen. Das bekannte Quartier am Lehfrauenweg (Abb. 8) war im Mai und Juni von 38 und 97 Zwergfledermäusen bewohnt. Am 7. Juli konnten am Lehfrauenweg keine Fledermäuse am Abend beim Ausflug beobachtet werden. Am Morgen des 9. Juli wurde die Umgebung nach schwärmenden Fledermäusen abgesucht. Dabei wurden drei Quartiere an der Buchholzstrasse entdeckt. Im Juli wurden die Quartiere von 72, 33, 52 und im August von 15, 3, 15 Individuen bewohnt. Die Auswertung der bioakustischen Aufnahmen zeigte, dass es sich ebenfalls um Zwergfledermäuse handelte. Es wird vermutet, dass die Fledermäuse vom Lehfrauenweg zur Buchholzstrasse gezogen sind. Dort sind wohl bereits Fledermäuse stationiert gewesen oder es sind nach der Ankunft der Zwergfledermäuse vom Lehfrauenweg weitere Tiere dazugestossen.

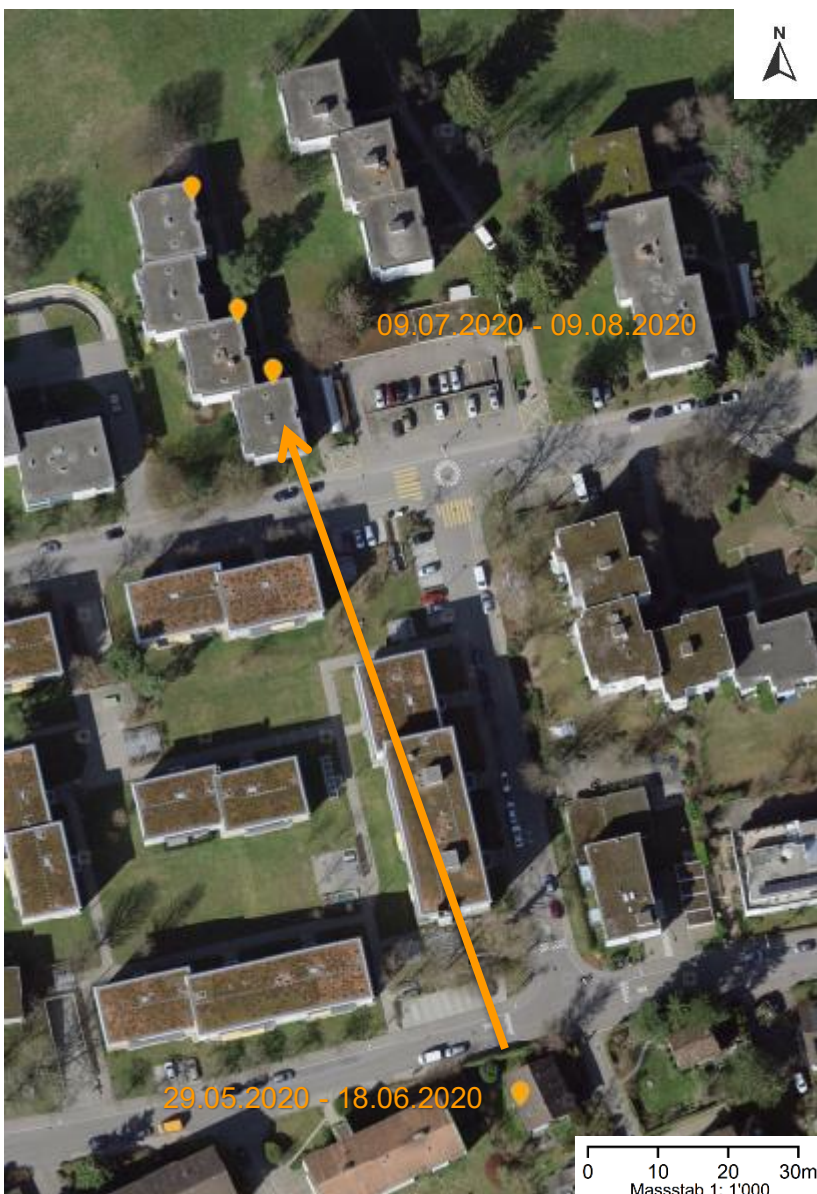


Abbildung 8: Am unteren Bildrand befindet sich das Quartier (Zwergfledermäuse, orange) am Lehfrauenweg. Im Norden sind die Quartiere (Zwergfledermäuse, orange) der Buchholzstrasse gekennzeichnet (Grafik: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2020, verändert).



Abbildung 9: Standorte der Zwergfledermausquartiere (orange) an der Rellstabstrasse. In der rechten Bildecke ein Tagesquartier (schwarz) einer unbestimmten Fledermausart (Grafik: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2020, verändert).

Am 21. April 2020 konnte am Morgen eine Fledermaus beim Einflug an der Rellstabstrasse 8 (schwarzer Standort, Abb. 9) beobachtet werden. Am Abend flog eine Fledermaus aus. Es flogen jedoch vorher und nachher Fledermäuse aus nordwestlicher Richtung am Standort vorbei. Am nächsten Morgen konnten dann schwärmende Fledermäuse an der Rellstabstrasse 25 gefunden werden. Am Abend des gleichen Tages wurden 41 Zwergfledermäuse beim Ausflug gezählt. Bei der Ausflugszählung im Mai flogen die Tiere nicht mehr an der Rellstabstrasse 25 aus, sondern auf der Nordseite des Gebäudes an der Rellstabstrasse 19 (35 Zwergfledermäuse). Im Juni und Juli wurden jeweils 56 sowie 151 Zwergfledermäusen beim Ausflug am Abend gezählt. Im August hatten die Zwergfledermäuse ihr Quartier auf die östliche Gebäudeseite verlegt (35 Zwergfledermäuse). Es wird angenommen, dass es sich um eine Wochenstubenkolonie von Zwergfledermäusen handelte, die jeweils das Quartier wechselten.



Abbildung 10: Grafische Darstellung eines möglichen Ablaufes der Quartierwechsel von Weissrandfledermäusen (rot). Beim ersten Quartierfund (schwarz) konnte keine Fledermausart ermittelt werden (Grafik: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2020, verändert).

An der Schulhausstrasse 27 (unterer Bildrand, Abb. 10) konnten am 25. Juni 2020 mindestens sieben Fledermäuse beim Schwärmen beobachtet werden. In dieser Zeit wurden noch viele andere Gebäudequartiere überprüft. Daher fand die Ausflugzählung nicht am Abend desselben Tages statt. Am 30. Juni flogen 23 Weissrandfledermäuse an der Schulhausstrasse 32 aus. Im Juli waren 13 Weissrandfledermäuse aus einem Quartier an der Bürglistrasse 28 ausgeflogen. Im August befand sich das Quartier an einer anderen Stelle desselben Gebäudes an der Schulhausstrasse 32. Dabei konnten sieben Weissrandfledermäuse beim Ausflug gezählt werden. Es wird angenommen, dass es sich um eine umherstreifende Weissrandfledermauskolonie handelte.

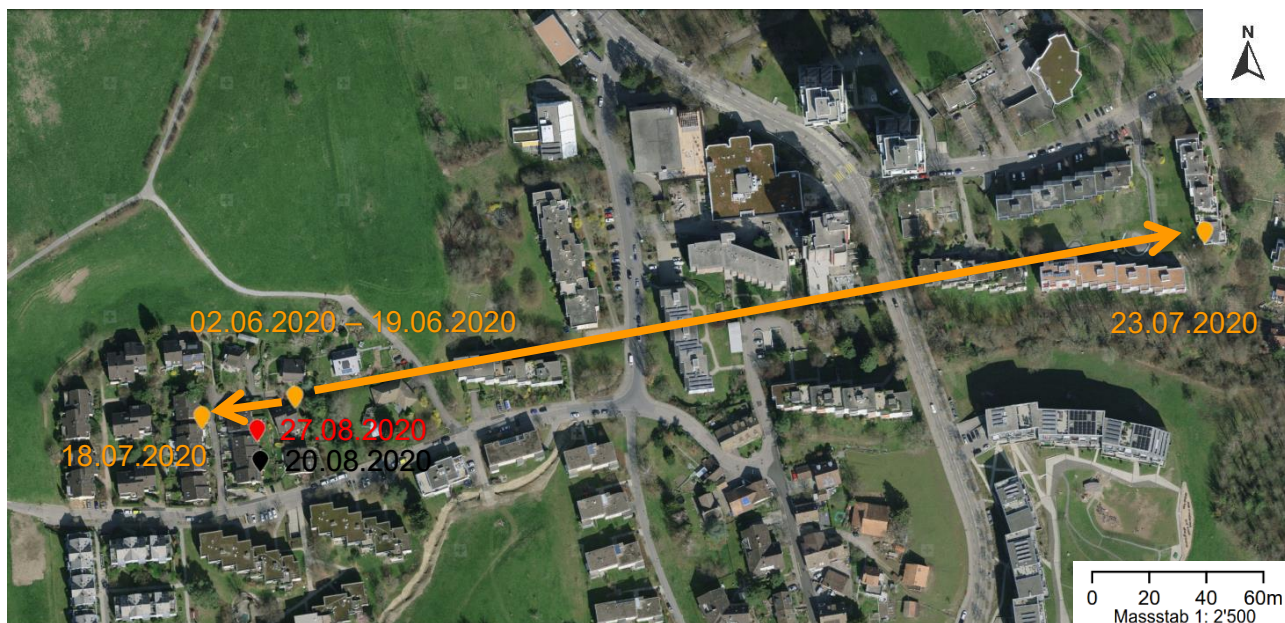


Abbildung 11: Neben drei Quartieren von Zwergfledermäusen (orange), konnte auch ein Quartier von Weissrandfledermäusen (rot) festgestellt werden. Allerdings ist die Bestimmung unsicher. Südlich davon liegt ein Quartier (schwarz), bei dem die Fledermausart nicht bestimmt werden konnte (Grafik: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2020, verändert).

Am 2. Juni wurde die erste Ausflugzählung an der Grossackerstrasse 56 (Abb. 11) gemacht. Es wurden über 200 Zwergfledermäuse gezählt, darum wurden noch im selben Monat weitere Ausflugzählungen gemacht. Im Juli wurde das Quartier nicht mehr genutzt. Es wird angenommen, dass die meisten Zwergfledermäuse zur Grossackerstrasse 88 weitergezogen sind, wobei dort nur noch etwa die Hälfte von Individuen gezählt werden konnte. Es kann sein, dass sich die restlichen Zwergfledermäuse in der Umgebung, wie an der Sihlweidstrasse 34 (ganz im Osten), neue Quartiere suchten. Im August fand sich ein Quartier an der Grossackerstrasse 68. Es konnte jedoch keine Art ermittelt werden. Ein weiteres Quartier fand sich bei der Hausnummer 72. Allerdings wurde dieses Quartier eher Weissrandfledermäusen zugeschrieben.

4.2 Arten

Von den insgesamt 57 Gebäudequartieren konnte bei 35 Quartieren die Art ermittelt werden (Abb. 12), welche das Quartier nutzte. Es ist darauf hinzuweisen, dass dabei hauptsächlich Rufe von Quartieren mit mehr als sieben Individuen aufgenommen und ausgewertet wurden. Von diesen 35 Quartieren können 27 Quartiere mit einer hohen Sicherheit durch die Analyse der Rufe sowie des Kots einer Art zugeordnet werden. Bei acht Quartieren ist die Artbestimmung aufgrund einer kleinen Anzahl Rufe oder des Feststellens von verschiedenen Arten unsicher. Von den 27 sicheren Bestimmungen können 15 der Weissrandfledermaus und zwölf der Zwergfledermaus zugeordnet werden. Von den acht unsicheren Bestimmungen können drei eher der Weissrandfledermaus und fünf eher der Zwergfledermaus zugeordnet werden. Wenn alle Artbestimmungen der Quartiere beachtet werden, konnten somit 18 Quartiere der Weissrandfledermaus und 17 der Zwergfledermaus zugeordnet werden.

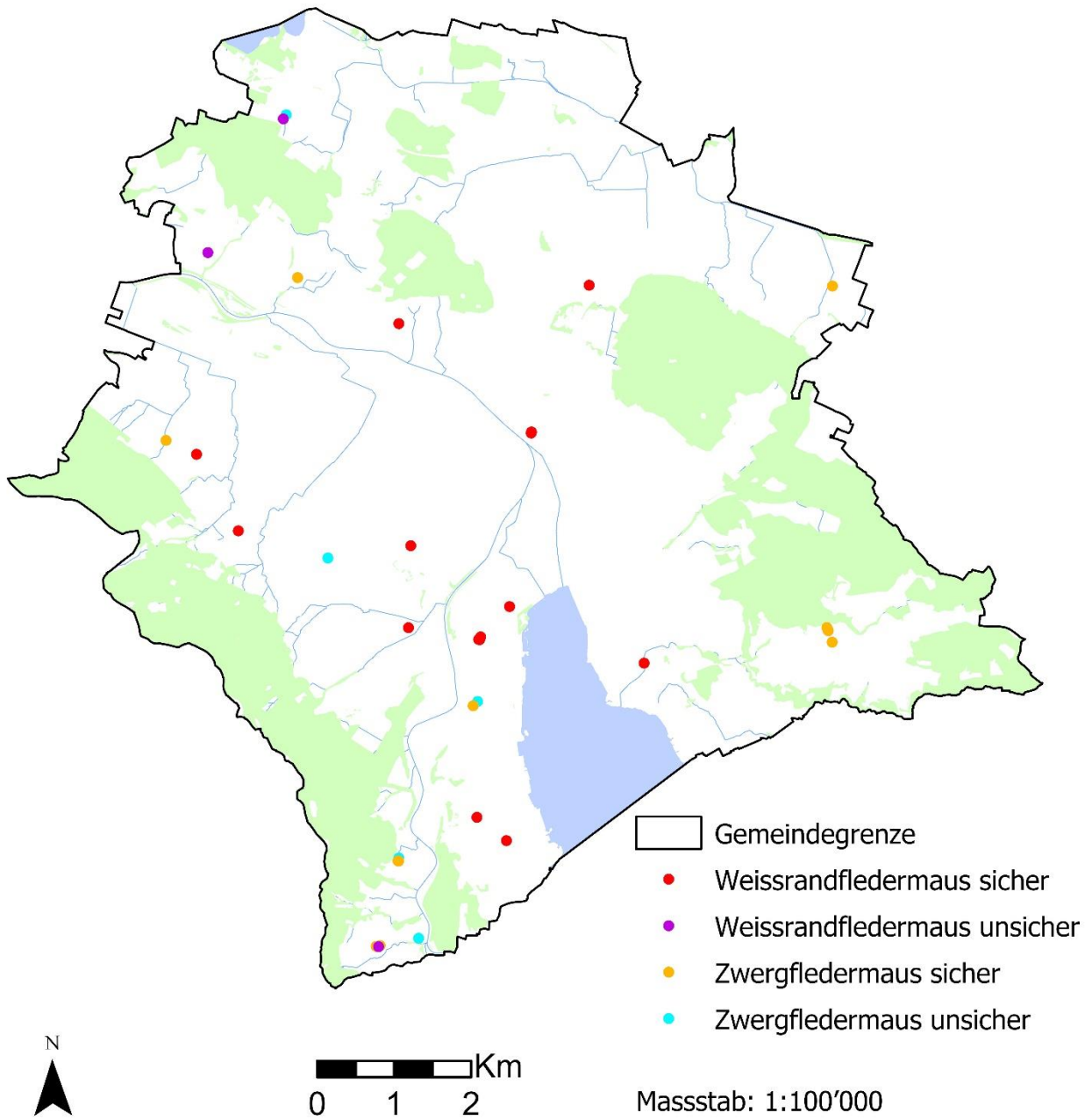


Abbildung 12: Quartiere der Zwergfledermaus (*Pipistrellus pipistrellus*, in orange und türkis) und der Weissrandfledermaus (*Pipistrellus kuhlii*, in rot und violett).

4.3 Anzahl und Quartierart

Bei 130 Ausflugzählungen von Gebäudequartieren konnten zwischen einem Individuum und 211 Individuen gezählt werden. Bei einigen Quartieren konnten am Morgen schwärmende Fledermäuse beobachtet werden. Diese sind dementsprechend auch in das Quartier eingeflogen. Jedoch wurde der abendliche Ausflug nicht am selben Tag kontrolliert und bei der Ausflugzählung an einem der folgenden Tage hatten die Fledermäuse das Quartier bereits wieder gewechselt. Dies wird in der Tabelle 5 mit "Schwärmen" bezeichnet. Wenn nur ein bis zwei Fledermäuse in den frühen Morgenstunden in ein Gebäudequartier eingeflogen sind, wurde am Abend meist keine Ausflugzählung vorgenommen. In der Tabelle wurden diese Quartiere mit "Einflug" und der Anzahl Individuen, die in das Quartier geflogen sind, gekennzeichnet. Bei den Quartieren mit der Bezeichnung "Kot" wurde zwar frischer Fledermauskot gefunden, ein Ausflug einer Fledermaus konnte jedoch nicht beobachtet werden.

Aufgrund des untersuchten Zeitraums konnten Winterquartiere ausgeschlossen werden. Balz oder Paarung konnten nicht beobachtet werden. Die Quartiere an der Rellstabstrasse 25 und Rossbergstrasse 48 wurden als Übergangsquartiere eingeteilt, da sie von Fledermäusen im April genutzt wurden, jedoch während des Sommers nicht. Für die Einteilung eines Quartiers als Wochenstube ist der Nachweis von Juvenilen oder laktierenden Weibchen erforderlich. Dieser Nachweis konnte bei keinem Quartier erbracht werden. Der sprunghafte Anstieg bei der Individuenzahl in einigen Quartieren gilt nicht als Nachweis für eine Wochenstube. Die meisten Quartiere konnten der Kategorie Sommerquartier zugeteilt werden.

Tabelle 5: Einzig die Zahl Individuen der Grossackerstrasse 56 beruht auf dem Mittelwert von drei Zählungen. Ansonsten ist die Zahl der Individuen jeweils bei einer Ausflugszählung zustande gekommen. Die Anzahl Quartiere pro Monat beruht nur auf Quartieren, bei denen am Abend Fledermausindividuen ausgefliegen sind. Quartiere von Zwergfledermäusen (*Pipistrellus pipistrellus*) sind orange eingefärbt und Quartiere von Weissrandfledermäuse (*Pipistrellus kuhlii*) sind rot eingefärbt.

Quartier	Art	Individuen April	Individuen Mai	Individuen Juni	Individuen Juli	Individuen August	Quartierart
Rindermarkt 7	-		Kot				unbestimmtes Quartier
Bürglistrasse 28	<i>Pipistrellus kuhlii</i>				13	0	Sommerquartier
Kurfürstenstrasse 56	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>		39	0			Sommerquartier
Mutschellenstrasse 34	-			Einflug (1)			unbestimmtes Quartier
Rosbergstrasse 48	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	9	0				Zwischenquartier
Schulhausstrasse 27	-			Schwärmen			unbestimmtes Quartier
Schulhausstrasse 32	<i>Pipistrellus kuhlii</i>			23	8	0	Sommerquartier
Schulhausstrasse 32	<i>Pipistrellus kuhlii</i>			0	0	7	Sommerquartier
Spüngenstrasse 4	<i>Pipistrellus kuhlii</i>				14	9	Sommerquartier
Grossackerstrasse 56	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>			211 (204-218)	0	0	Sommerquartier
Grossackerstrasse 68	-					21	Sommerquartier
Grossackerstrasse 72	<i>Pipistrellus kuhlii</i>					19	Sommerquartier
Grossackerstrasse 88	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>			0	100	0	Sommerquartier
Relstabstrasse 8	-	1					unbestimmtes Quartier
Relstabstrasse 19	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0	35	56	151	0	Sommerquartier
Relstabstrasse 19	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	0	0	0	0	37	Sommerquartier
Relstabstrasse 25	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	41	0	0	0	0	Zwischenquartier
Sihlweidstrasse 34	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>				9	0	Sommerquartier
Balberstrasse 19	<i>Pipistrellus kuhlii</i>					24	Sommerquartier
Kalchbühlstrasse 87	<i>Pipistrellus kuhlii</i>		34	45	32	39	Sommerquartier
Burstwiesenstrasse 56	-					7	Sommerquartier
Burstwiesenstrasse 67	-				Schwärmen		unbestimmtes Quartier
Burstwiesenstrasse 70	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>				12	3	Sommerquartier
Grubenstrasse 10	<i>Pipistrellus kuhlii</i>			7	9	0	Sommerquartier
Grubenstrasse 10	-					7	Sommerquartier
Ottilienstrasse 19	<i>Pipistrellus kuhlii</i>				18	14	Sommerquartier
Schauvelbergerstrasse 55	-			Einflug (2)			unbestimmtes Quartier
Stauffacherstrasse 174	-			Einflug (1)			unbestimmtes Quartier
Sihlquai 125	-			2			unbestimmtes Quartier
Engweg 3	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	2	0	0			unbestimmtes Quartier
Engweg 3	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	0	12	0			Sommerquartier
Hotzstrasse 35	-		Kot	Kot	Kot		unbestimmtes Quartier
Drahtzugstrasse 39	-			Einflug (1)			unbestimmtes Quartier
Buchholzstrasse 101	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>				72	15	Sommerquartier
Buchholzstrasse 103	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>				33	3	Sommerquartier
Buchholzstrasse 107	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>				52	15	Sommerquartier
Lehfrauenweg 17	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>		38	97	0		Sommerquartier
Inselhofstrasse 1	<i>Pipistrellus kuhlii</i>					13	Sommerquartier
In der Ey 20	<i>Pipistrellus kuhlii</i>			22	0		Sommerquartier
Rossackerstrasse 102	-		0	Kot	15	0	Sommerquartier
Girhaldenweg 3	-			1			unbestimmtes Quartier
Girhaldenweg 5	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>			34	0		Sommerquartier
Hätzlergasse 25	-			Einflug (1)			unbestimmtes Quartier
Wickenweg 52	<i>Pipistrellus kuhlii</i>				13	10	Sommerquartier
Frankentalerstrasse 26	-		2	4	0		unbestimmtes Quartier
Imbisbühlstrasse 149	<i>Pipistrellus kuhlii</i>				15	0	Sommerquartier
Kappenhühlweg 5	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>		0		Kot		unbestimmtes Quartier
Rebbergstrasse 25	<i>Pipistrellus kuhlii</i>		15	15	0		Sommerquartier
Nordstrasse 364	-		Kot	Kot	Kot		unbestimmtes Quartier
Wipkingerweg 17	-		Einflug (1)	0			unbestimmtes Quartier
Furtalstrasse 79	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>				10	0	Sommerquartier
Georg Kempf-Strasse 25	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	30	30	15	0	0	Sommerquartier
Bülachstrasse 20	<i>Pipistrellus kuhlii</i>					9	Sommerquartier
Holderbachweg 59	-		9	1			Sommerquartier
Köschenrütistrasse 147	-		1				unbestimmtes Quartier
Heerenschürlistrasse 23/25	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>				14	3	Sommerquartier
Heerenschürlistrasse 39/41	-			2			unbestimmtes Quartier
Total Individuen Ausflugszählung		83	215	324	590	255	
Anzahl Quartiere pro Monat		5	10	15	18	18	
Mittelwert Individuen pro Quartier		17	22	22	33	14	
Median Individuen pro Quartier		9	15	15	14	11.5	

In Abbildung 13 und 14 ist eine Abnahme der Individuen von Weissrand- und Zwergfledermäusen pro Quartier ab den Monaten Mai beziehungsweise Juni ersichtlich. Im Mai ist der Median der Weissrandfledermäuse pro Quartier am höchsten. Bei den Zwergfledermäusen ist der Median im Juni am höchsten. Im Juli und August ist für beide Arten die Stichprobengrösse deutlich höher. Dies ist darauf zurückzuführen, dass während des Untersuchungszeitraumes immer neue Quartiere gefunden werden konnten und bekannte Quartiere aus dem Vormonat zum Teil weiter bewohnt waren.

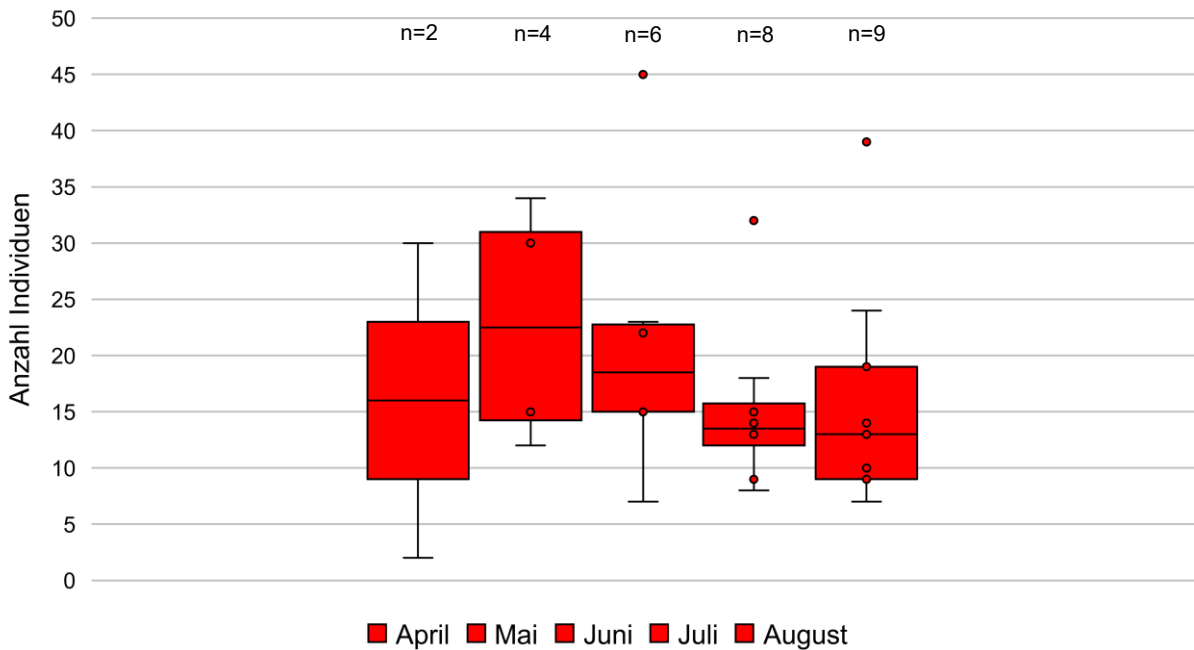


Abbildung 13: Die Boxplots zeigen den Median der Individuen aller Weissrandfledermausquartiere pro Monat.

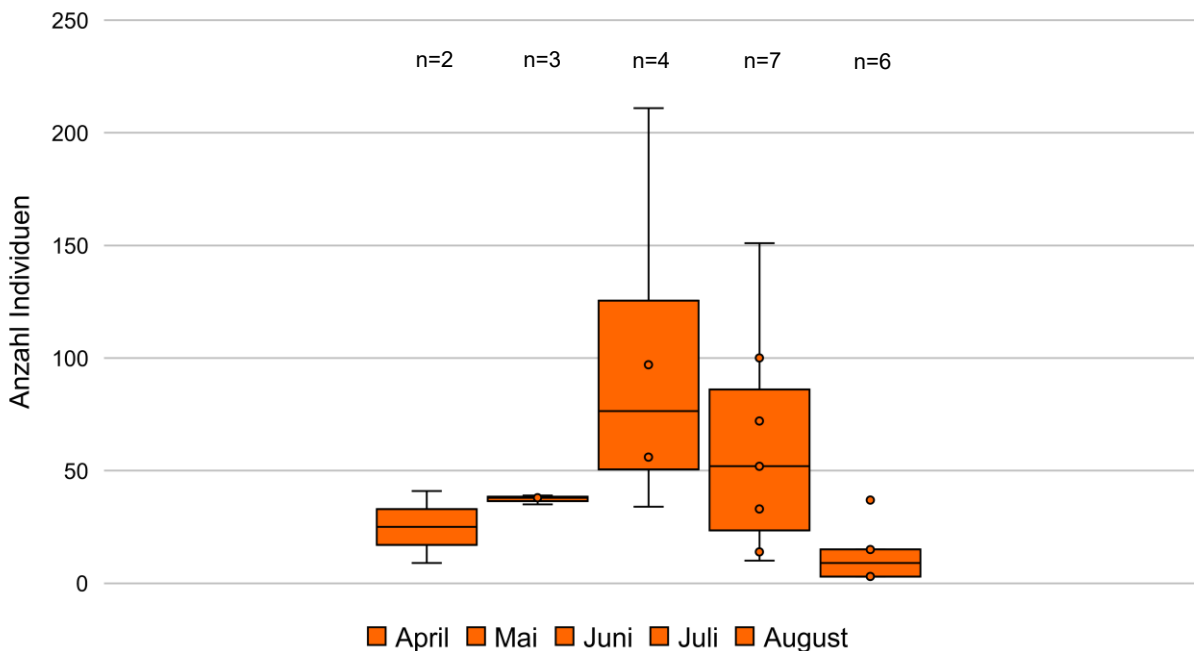


Abbildung 14: Die Boxplots stellen das untere und obere Quartil sowie die Ausreisser der Individuen der Zwergfledermausquartiere pro Monat dar.

4.4 Weitere Resultate

Die Abbildung 15 zeigt den Vergleich, wie lange die Zwerg- und Weissrandfledermäuse die gefundenen Quartiere nutzen. Die Anzahl Tage bezieht sich auf die Zeitspanne zwischen der ersten Ausflugszählungen und weiteren Zählungen der Individuen in den Folgemonaten. Es wurden nur die Zeiträume ausgewertet, in welchen mit Sicherheit Fledermäuse anwesend waren. Der Median zeigt, dass beide Arten die Quartiere etwa gleich lang nutzen.

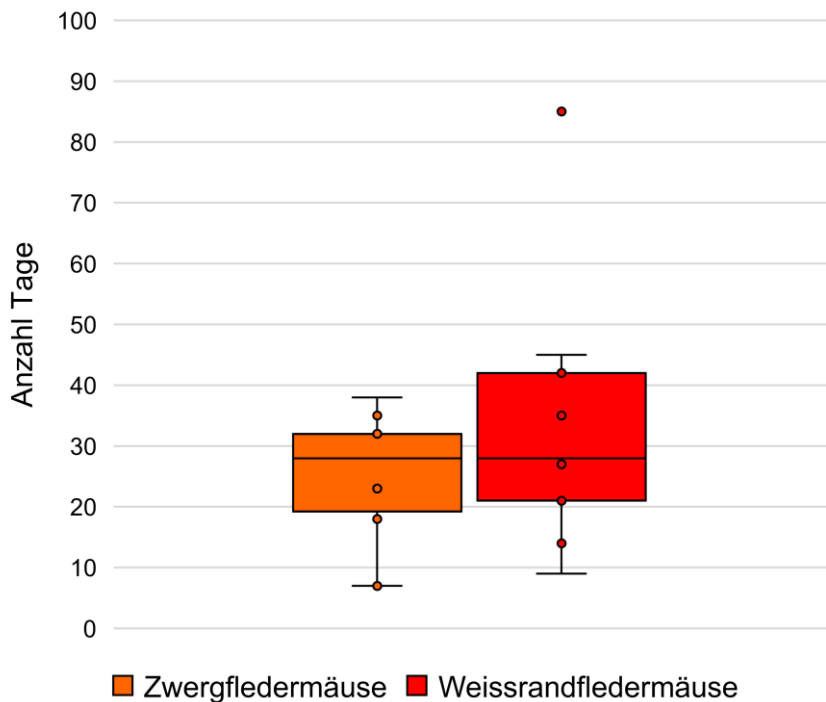


Abbildung 15: Die Boxplots zeigen, wie lang die Gebäudequartiere von den jeweiligen Arten (Zwergfledermaus orange, Weissrandfledermaus rot) genutzt wurden.

In der Abbildung 16 ist der prozentuale Anteil des Gebäudealters der Stadt Zürich (grau) dargestellt. Von allen Gebäuden in der Stadt Zürich (49'033=100%) sind beispielsweise 30 Prozent zwischen 1926 und 1950 erbaut worden. Von den Gebäudequartieren der Fledermäuse (40 Quartiere=100%) mit mehr als sieben gezählten Individuen beim abendlichen Ausflug, sind jedoch nur etwa 15 Prozent der Quartiere an Gebäuden aus diesem Zeitraum. Der Median des Gebäudealters (Abb. 17) ist bei Zwergfledermäusen höher. Zwergfledermäuse nutzen neuere Gebäude, während Weissrandfledermäuse Gebäudequartiere an älteren Bauten beziehen.

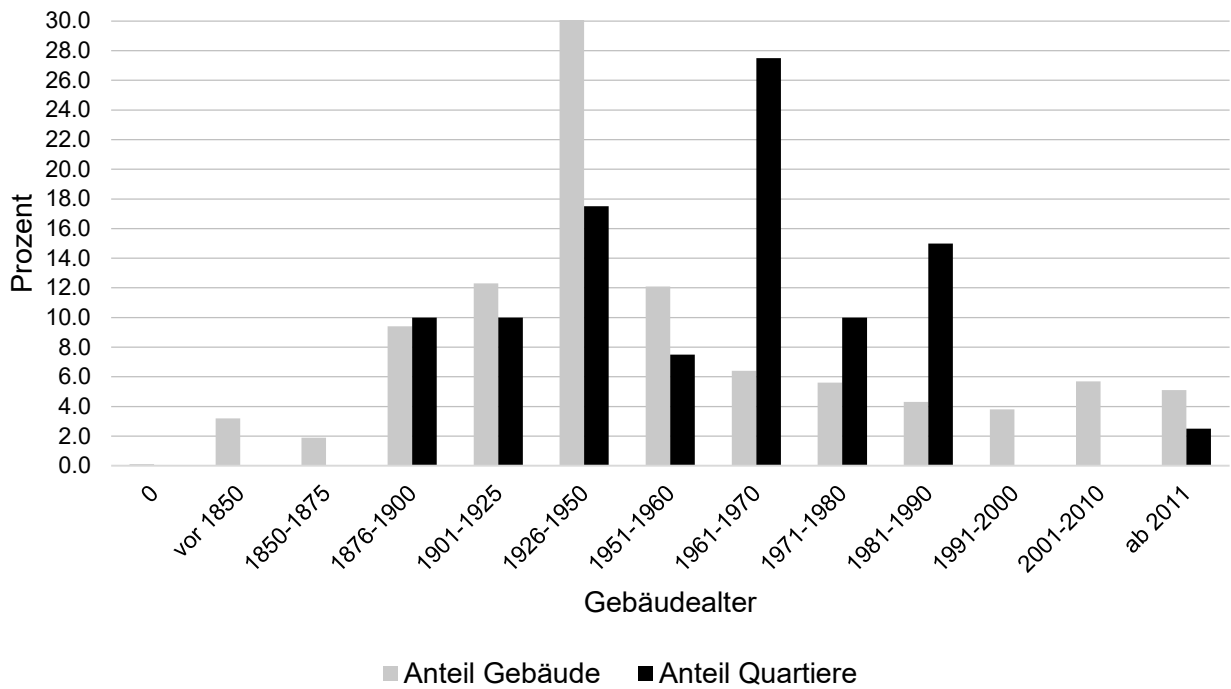


Abbildung 16: In der Stadt Zürich gibt es insgesamt 49'033 Gebäude (100%). Obwohl Gebäude, welche von 1961 bis 1990 erbaut wurden, nur einen kleinen Anteil aller Gebäude der Stadt Zürich ausmacht, sind viele Gebäudequartiere in Gebäuden aus dieser Zeit. Ausgewertet wurden 40 (100%) Fledermausquartiere, bei denen während dem untersuchten Zeitraum mindesten sieben Individuen beim Ausflug am Abend gezählt worden sind.

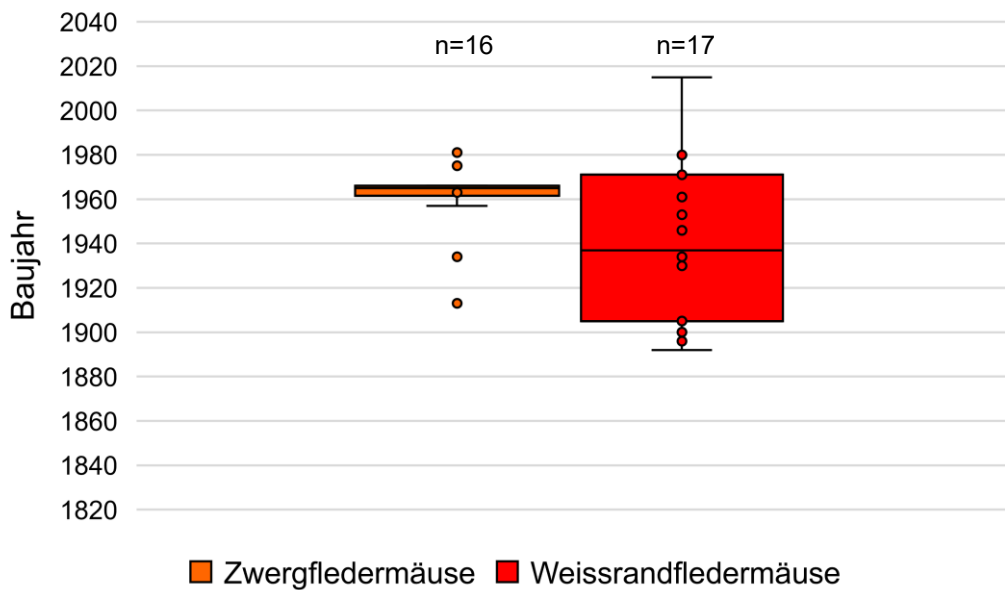


Abbildung 17: Der Median der Boxplots zeigt, dass Weissrandfledermäuse im Vergleich zu Zwergfledermäusen Quartiere in älteren Gebäuden beziehen.

Im Juli und August wurden beim ersten Ausflug einer Fledermaus aus dem Gebäudequartier Lux-Messungen vorgenommen. Der Median (Abb. 18) zeigt, dass sowohl die Zwerg- als auch die Weissrandfledermaus im August bei tieferen Lux-Werten aus dem Quartier geflogen sind als im Juli. Der längste Tag des Jahres war am 20. Juni 2020 (Lenggenhager, 2020). Je später am Abend die Dämmerung einsetzte, desto später flogen die Zwerg- und Weissrandfledermaus aus dem Quartier (Abb. 19). Dabei wurden sämtliche vorhandenen Zeiten der Ausflugzählungen der Fledermausquartieren, die von Weissrand- oder Zwergfledermäusen bewohnt waren, verwendet. Im August als die Dämmerung bereits früher am Abend einsetzte, flogen die Fledermäuse wieder früher aus.

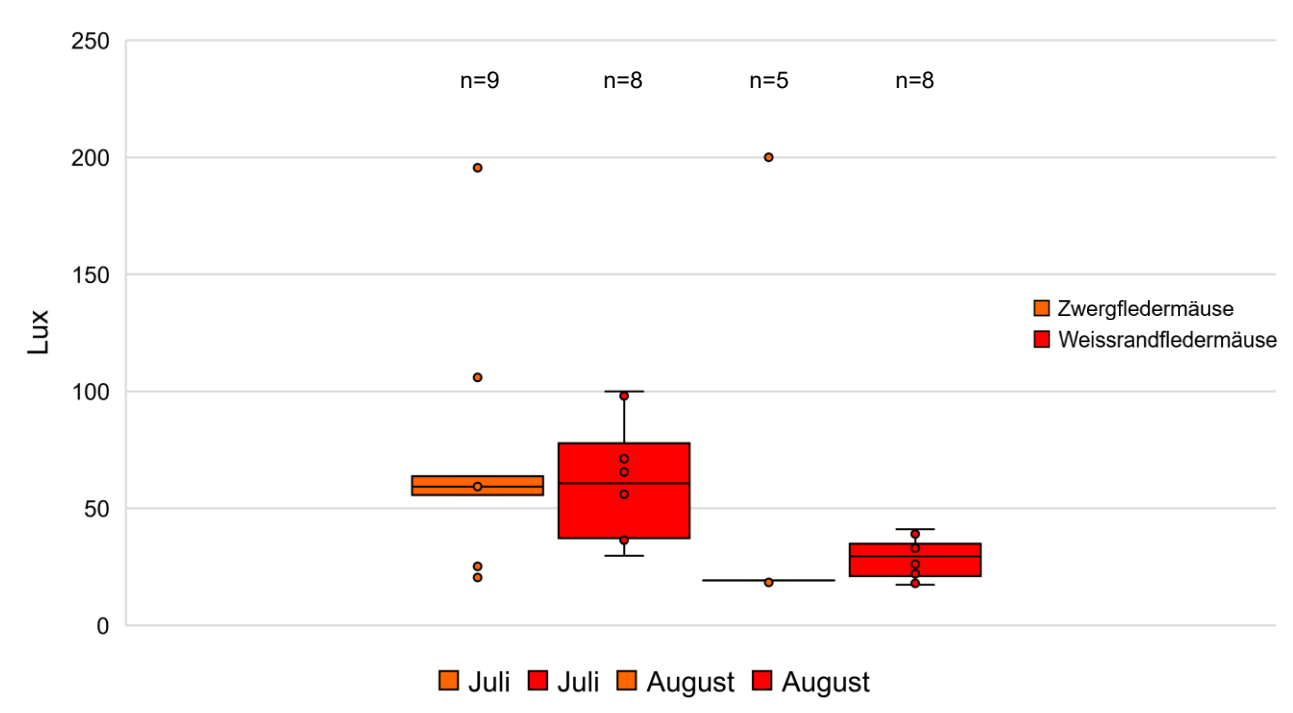


Abbildung 18: Beide Fledermausarten flogen bei gleichen Lichtverhältnissen in den jeweiligen Monaten aus dem Quartier.

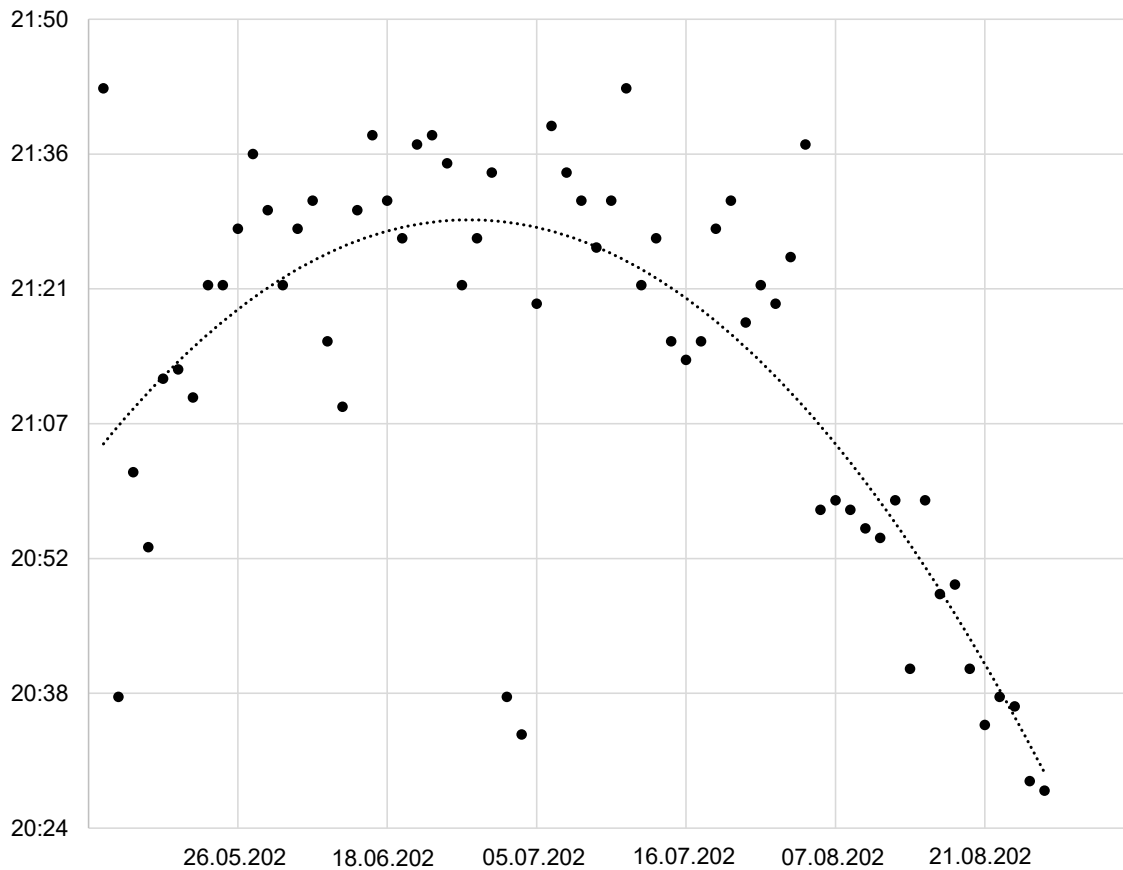


Abbildung 19: Bis zum längsten Tag des Jahres am 20. Juni 2020 flogen die Fledermäuse immer später am Abend aus dem Gebäudequartier. Danach flogen sie am Abend kontinuierlich früher aus dem Quartier.

Weissrandfledermäuse haben hauptsächlich Gebäudequartiere genutzt, die nach Süden ausgerichtet waren (Abb. 20). Von der Weissrand- und der Zwergfledermaus wird die Westseite gemieden.

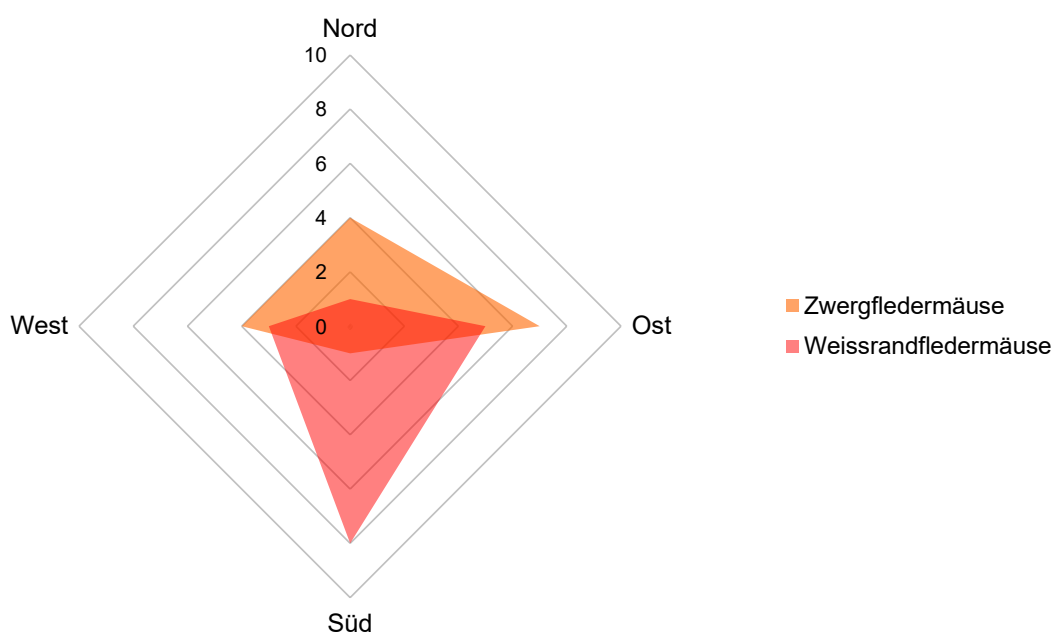


Abbildung 20: Die Exposition der Quartiere der Zwerg- und Weissrandfledermäuse.

4.5 Welche Faktoren erklären das Vorkommen von Zwerg- und Weissrandfledermäuse in den Gebäudequartieren

4.5.1 Modell mit Radius von 25 m

Die Höhe, die Lufttemperatur um 14 Uhr und die Grünflächen im 25 Meter Radius um das Gebäudequartier waren die Variablen, welche das Vorkommen der Weissrand- und Zwergfledermäuse im Modell mit Radius von 25 Meter am besten erklärten. Dabei sind die Variablen Lufttemperatur um 14 Uhr und die Grünfläche im Radius von 25 Meter um das Quartier statistisch signifikant ($p < 0,05$) sind. Das heisst, je tiefer die Lufttemperatur um 14 Uhr ist und je mehr Grünfläche sich im Radius von 25 Metern um das Quartier befindet, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit Zwergfledermäuse im Gebäudequartier nachzuweisen. Dagegen nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass Weissrandfledermäuse im Quartier vorkommen, zu, wenn die Lufttemperatur um 14 Uhr höher ist und es weniger Grünfläche im Radius von 25 Metern um das Quartier hat. Die R^2 -Werte bezeichnen den Anteil der Varianz in den Daten, die durch das Modell erklärt werden. Die Werte (Pseudo R^2) des McFaddens R^2 , Cox und Snell R^2 und Nagelkerke R^2 weisen auf eine gute Qualität des Modells hin. Der letzte Abschnitt der Tabelle 6 zeigt die Wichtigkeit der einzelnen Variablen für das Modell. Der Wert gibt die Differenz vom McFaddens R^2 , Cox und Snell R^2 und Nagelkerke R^2 zum jeweiligen Modell ohne die genannten Variablen an. Daraus lässt sich der Einfluss der einzelnen Variablen für das Modell bestimmen. Die Grünfläche im 25 Meter Radius hat den grössten Einfluss, gefolgt von der Lufttemperatur um 14 Uhr. Die Höhe der Quartiere hat die niedrigste Wichtigkeit der signifikanten Variablen.

Tabelle 6: Im ersten Abschnitt sind alle Variablen des Endmodelles aufgelistet. Das Modell mit den Variablen Höhe, Lufttemperatur um 14 Uhr und Grünflächen im 25 Meter Radius hatten den tiefsten AIC-Wert. Der p-Wert zeigt die Signifikanz der einzelnen Variablen. Die Pseudo- R^2 zeigen den Anteil der Varianz in den Daten, die durch das Modell erklärt werden. Im letzten Abschnitt wird die Differenz gezeigt, um wie viel das Modell ohne die jeweilige Variable schlechter wäre.

Modell Radius 25 m	p-Wert	Estimate Weissrandfledermaus	Estimate Zwergfledermaus	z-Wert Weissrandfleder-maus	z-Wert Zwergfleder-maus
Höhe	0.105	-0.372	0.372	-1.622	1.622
Lufttemperatur (14 Uhr)	0.025	1.385	-1.385	2.241	-2.241
Grünflächen im 25 m Radius	0.008	-0.004	0.004	-2.653	2.653
Index	Pseudo R^2				
Cox and Snell Index	0.39				
Nagelkerke Index	0.52				
McFadden's R2	0.36				
Realitive Wichtigkeit einzelne Variablen	Höhe	Lufttemperatur (14	Grünflächen im		
			25 m Radius		
Cox and Snell Index	0.062	0.153	0.214		
Nagelkerke Index	0.055	0.144	0.211		
McFadden's R2	0.073	0.192	0.282		

4.5.2 Modell mit Radius von 100 m

Das Vorkommen der Weissrand- und Zwergfledermäuse im Modell mit Radius von 100 Meter (Tbl. 7) wird am besten durch die Variablen Höhe, Gebäudealter, Lufttemperatur um 14 und Baumbedeckung im Radius von 100 Meter um das Gebäudequartier erklärt. Wobei die Variable Höhe als einzige nicht statistisch signifikant ($p < 0,05$) ist. Die Wahrscheinlichkeit das Zwergfledermäuse im Quartier vorkommen nimmt zu, je neuer das Gebäude, je tiefer die Lufttemperatur um 14 Uhr und je höher die Baumbedeckung im Radius von 100 Meter ist. Hingegen ist es wahrscheinlicher das Weissrandfledermäuse im Quartier vorkommen, je älter das Gebäude, je höher die Lufttemperatur um 14 Uhr ist und je tiefer die Baumbedeckung im Radius von 100 Meter ist. Die Indexe (Pseudo R^2) zeigen, dass 36-52% der Varianz durch das Modell erklärt wird. Dies lässt auf eine gute Aussagekraft des Modells schliessen. Die Lufttemperatur um 14 Uhr ist die wichtigste Variable des Modells. Beinahe denselben Stellenwert hat das Gebäudealter. Die Baumbedeckung und die Höhe haben weniger Einfluss auf das Modell.

Tabelle 7: Aus den Variablen, die zu Beginn in das Modell eingespeist wurden, konnte ein tiefer AIC Wert mit den Variablen Höhe, Gebäudealter, Lufttemperatur (14 Uhr) und Baumbedeckung im 100 m Radius erzielt werden. Bis auf die Variable Höhe sind alle signifikant. Die Höhe hat gemäss den Werten im letzten Abschnitt der Tabelle auch den geringsten Einfluss auf das Modell. Die Lufttemperatur ist die wichtigste Variable innerhalb des 100 m Radius Modelles.

Modell Radius 100 m	p-Wert	Estimate Weissrandfleder- maus	Estimate Zwergfleder- maus	z-Wert Weissrandfleder- maus	z-Wert Zwergfleder- maus
Höhe	0.122	-0.369	0.369	-1.545	1.545
Gebäudealter	0.019	-0.055	0.055	-2.352	2.352
Lufttemperatur (14 Uhr)	0.017	1.856	-1.856	2.379	-2.379
Baumbedeckung im 100 m Radius	0.045	-0.001	0.001	-2.004	2.004
Index	Pseudo R^2				
Cox and Snell Index	0.389				
Nagelkerke Index	0.519				
McFadden's R2	0.355				
Realitive Wichtigkeit einzelne Variablen	Höhe	Gebäudealter	Lufttemperatur (14 Uhr)	Baumbedeckung im 100 m Radius	
Cox and Snell Index	0.060	0.188	0.205	0.117	
Nagelkerke Index	0.052	0.179	0.197	0.105	
McFadden's R2	0.070	0.241	0.266	0.143	

5 Diskussion

5.1 Quartierkontrolle

Nur in 12 der 49 kontrollierten Gebäudequartieren konnten Fledermäuse nachgewiesen werden. Gründe dafür können mögliche Umbauten, Renovationen (Veränderungen bei Hangplätzen und Einfluglöchern) oder Umwandlungen im nahen Umfeld des Gebäudequartiers, wie eine neue Beleuchtung oder die Fällung eines Baumes, sein (Morf, Safi-Widmer & Muntwyler, 2016). Zwergfledermäuse vermeiden den Ausflug aus dem Quartier, solange die Ausflugsöffnung beleuchtet wird (Held, Hölker & Jessel (Eds.), 2013). Fledermäuse nutzen unterschiedliche Quartiere im Jahresverlauf. Es kann sein, dass Quartiere ausserhalb des kontrollierten Zeitraums von Fledermäusen genutzt werden. Im Sommer 2019 untersuchte der Verein StadtNatur mit der Hilfe von Citizen Science 27 bekannte Gebäudequartiere in der Stadt Zürich, wobei nur in zwei Quartieren Fledermäuse nachgewiesen werden konnten (Taucher & Gloor, 2019). Dabei wurden jedoch Quartiere untersucht, in denen der letzte Nachweis von Fledermäusen vor über 20 Jahren erbracht worden ist (ebd.). Allerdings konnten auch vier neue Quartiere entdeckt werden (ebd.). Dies widerspiegelte das Potential, dass noch viele Gebäudequartiere auf dem Zürcher Stadtgebiet unbekannt sind. Der Fund von 45 neuen Quartieren bestätigt dies und zeigt, dass Fledermäuse offenbar von einem grossen Teil der städtischen Bevölkerung nicht wahrgenommen werden oder erkannte Quartiere nicht beim Fledermausschutz des Kantons Zürich gemeldet werden. Dies kann einerseits positiv sein, da potenzielle Ängste oder Konflikte (Kot, etc.) nicht entstehen (Dietz et al., 2007). Viel mehr überwiegt jedoch der negative Aspekt, dass aufgrund von Unwissenheit Quartiere von Fledermäusen bei Bautätigkeiten zerstört werden (ebd.).

Bei der Quartierkontrolle flogen häufig keine Fledermäuse aus den bekannten Quartieren aus. Dennoch waren Fledermäuse oftmals optisch in der Luft sichtbar oder konnten durch ihre Rufe mit dem Batdetektor festgestellt werden. War dies der Fall, wurde am Morgen die Umgebung nach schwärmenden Tieren abgesucht. Daher fanden sich viele neue Gebäudequartiere im Umkreis von überprüften Fledermausquartieren. Die für diese Arbeit gewählte Methodik der Überprüfung der bekannten Fledermausquartiere am Abend und der Suche nach neuen Quartieren am Morgen scheint geeignet zu sein.

Während der Feldarbeit konnte festgestellt werden, dass sich innerhalb eines Umkreises von etwa 250 Meter mehrere Fledermausquartiere befinden können (siehe Kap. 4.1). Ob es sich dabei jeweils um eine Fledermauskolonie von Weissrand- oder Zwergfledermäusen handelte, welche die nah beieinanderliegenden Quartiere nutze, kann nur vermutet werden. Zwergfledermäuse haben aber häufig mehrere Quartiere in einem bestimmten Gebiet, die sie während der Tragzeit wechseln (Swift, 1980).

Auch Weissrandfledermäuse können während der Fortpflanzungsperiode und in verschiedenen Jahren die gleichen Quartiere an unterschiedlichen Gebäuden mit einer Entfernung von 150 Metern zueinander nutzen (Rudolph, Lichti, Liegl & Pichl, 2010).

An der Grubenstrasse konnten im Juni und Juli in Rollladenkästen an der Südfassade eines Gebäudes Weissrandfledermäuse nachgewiesen werden. Im August nutzten Fledermäuse ein Rollladenkasten an der Ostfassade. Es kann nur vermutet werden, dass die Weissrandfledermäuse die Rollladenkästen gewechselt haben. Es gibt Beobachtungen in Deutschland, wo Weissrandfledermauskolonien an einem Gebäude mehrere Teilquartiere, wie beispielsweise verschiedene Rollladenkästen, haben (Rudolph et al., 2010).

5.2 Arten

Eine 1984/1985 durchgeführte Studie für das Gartenbauamt der Stadt Zürich zeigte, dass in den damaligen Grünanlagen, welche das Gartenbauamt pflegte, am Flussufer der Sihl und der Limmat, am Ufer des unteren Seebeckens, sowie an zufällig ausgewählten Waldrändern regelmässig und ganzjährig Zwergfledermäuse vorkamen (Haffner & Stutz, 1985). Weissrandfledermäuse wurden hingegen keine gefunden (ebd.).



Abbildung 21: Die Punkte kennzeichnen 13 vor der Feldarbeit bekannte Einzelfunde und ein Stellnetzfang während der Beobachtung von Zwergfledermäusen (*Pipistrellus pipistrellus*) aus einer Untersuchung aus dem Jahre 1985 (Haffner & Stutz, 1985). Quadrate stellen Quartiernachweise der Zwergfledermäuse dar. Punkte unterhalb der Distanzskala zeigen, die Anzahl nicht lokalisierter Einzelfunde auf dem Zürcher Stadtgebiet [Grafik: (Haffner & Stutz, 1985), verändert].

In Leimbach konnten in dieser Untersuchung sechs Sommerquartiere von Zwergfledermäusen gefunden werden. Wie die Abbildung 21 zeigt, konnte bereits vor 35 Jahren ein Quartier von Zwergfledermäusen in Leimbach nachgewiesen werden. Wahrscheinlich bietet Leimbach mit dem ausgeglichenen Anteil von Wald- und Landwirtschaftsflächen zum Siedlungsraum sowie der Sihl, die im Osten verläuft, einen geeigneten Lebensraum für Zwergfledermäuse. In der Abbildung 21 sind die meisten Einzelfunde von Zwergfledermäusen im Kreis 7 und 8 lokalisiert. In Witikon konnten vier Sommerquartiere von Zwergfledermäusen nachgewiesen werden. Der Siedlungsraum von Witikon ist vollumfänglich von mehr oder wenig grossen Waldflächen umgeben. Das Vorkommen von Zwergfledermäusen könnte auf die Lebensraumansprüche der Tiere zurückzuführen sein. Die Zwergfledermaus kommt in städtischen und ländlichen Siedlungen vor und besiedelt als flexible Art verschiedene Habitats (Dietz et al., 2007), bevorzugt aber bei Vorhandensein Wälder und Gewässer (Dietz & Kiefer, 2014). Die meisten Sommerquartiere dieser Untersuchung wurden auch an der Peripherie des Stadtgebietes nahe von Wäldern gefunden. Es scheint, dass die Zwergfledermaus als konkurrenzschwächere Art von der Weissrandfledermaus aus den innerstädtischen Bereichen verdrängt wird (Dietz et al., 2007). Im Mittelmeerraum kommt die Zwergfledermaus daher eher in ländlichen Gebieten vor (ebd.). Es kann daher sein, dass die Zwergfledermäuse in Witikon und anderen Randgebieten der Stadt Zürich vorkommen, da Weissrandfledermäuse geeignete Quartiere in städtischen Gebieten besetzen.

In der Enge konnten auch nach 35 Jahren noch Sommerquartiere von Zwergfledermäusen nachgewiesen werden. Diese befanden sich in einer stark durchgrünten Gegend, welche westlich des Rieterparks angrenzte. Jedoch konnten in der Enge auch vier Sommerquartiere der Weissrandfledermaus festgestellt werden. Auch in der Literatur werden Städte und menschliches Siedlungsgebiet als häufiger Lebensraum der Weissrandfledermaus angegeben (Dietz et al., 2007). Die Quartiere der Weissrandfledermäuse in dieser Untersuchung konnten häufiger im städtischen Bereich festgestellt werden. Im Sommer 2019 wurden 51 städtische Innenhöfe mit Hilfe von bioakustischen Geräten auf das Vorkommen von Fledermäusen überprüft (Taucher & Gloor, 2019). Weissrand- und Zwergfledermäuse wurden dabei am meisten nachgewiesen (ebd.). Obwohl die Weissrandfledermaus 1983 erstmals in der Stadt Zürich gesichtet wurde (Stutz & Haffner, 2014), scheint sie bereits ähnlich häufig vorzukommen wie die Zwergfledermaus. Wachsende Städte und der Klimawandel beeinflussen weltweit die Verbreitung von Tieren (Jetz, Wilcove & Dobson, 2007). Die Arealausdehnung der Weissrandfledermaus in Europa könnte zumindest teilweise als Folge des Klimawandels interpretiert werden (Ancillotto, Santini, Ranc, Maiorano & Russo, 2016; Bohnenstengel et al., 2014)

Insgesamt konnten 15 Quartiere der Weissrandfledermaus und zwölf Quartiere der Zwergfledermaus nachgewiesen werden. Dazu kommen drei Gebäudequartiere, die eher der Weissrandfledermaus zugeordnet werden können und fünf Quartiere, die eher von der Zwergfledermaus bewohnt waren. Sommerquartiere von Zwergfledermäusen verfügten eher über eine grosse Anzahl Individuen als Sommerquartiere der Weissrandfledermäuse. Es kann trotzdem angenommen werden, dass die Population der Weissrandfledermäuse in der Stadt Zürich in den letzten 35 Jahren angestiegen ist. Die Weissrandfledermaus breitet sich seit längerer Zeit wohl sprunghaft nach Norden aus (Bauer, 1996). Dabei siedelt sie sich häufig zuerst in Städten an (Dietz & Kiefer, 2014). Nach Funden von einzelnen Tieren werden häufig rasch Fortpflanzungsnachweise bemerkt (Braun & Dieterlein, 2003). Dies deutet daraufhin, dass mehrere Weissrandfledermäuse miteinander in unbesiedelte Gebiete wandern und rasch eine Kolonie bilden. Weissrandfledermäuse bilden manchmal gemischte Kolonien mit Zwergfledermäusen (Dietz & Kiefer, 2014). So könnten sie in der Anfangsphase der Neubesiedlung verschiedene Quartiere entdecken, die Zwergfledermäuse im Jahresverlauf nutzen (Rudolph et al., 2010). Der rasche Anstieg von Populationen der Weissrandfledermaus könnte auf die Fähigkeit zurückzuführen sein, sich im intensiv genutzten Siedlungsraum zu entwickeln (Bohnenstengel et al., 2014; Sachanowicz, Wower & Bashta, 2006). Ein Grossteil der Schweizer Populationen von Weissrandfledermäusen wird jedoch durch eine jährliche Immigration stabilisiert (Bohnenstengel et al., 2014).

Der Einfluss des Populationswachstums der Weissrandfledermaus auf die Zwergfledermaus kann mit den Resultaten dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Es kann spekuliert werden, dass die Weissrandfledermäusen Quartiere von Zwergfledermäusen streitig machen. Die Weissrandfledermaus ist grösser und robuster als die Zwergfledermaus (Ineichen & Ruckstuhl, 2010). Vielleicht werden viele Quartiere von beiden Arten genutzt. Dies würde erklären, warum bei einigen Quartieren die Rufe von beiden Arten erfasst werden konnten. Wegen der baulichen Verdichtung und dem zukünftig grösseren Anteil an versiegelter Fläche sowie dem Verlust von Bäumen im Stadtkern könnte die Zwergfledermaus vermehrt Quartiere am Siedlungsrand und in Agglomerationen suchen. Die Weissrandfledermaus könnte in Zukunft selbst Konkurrenz erhalten. Die Alpenfledermaus ist bereits in Zürich nachgewiesen worden und hat das Potential sich in den Städten des Mittellandes auszubreiten (Bohnenstengel et al., 2014). Die anspruchslose, mediterran-alpine Art nutzt unter anderem auch Spalten an Gebäuden (Dietz & Kiefer, 2014).

Die Arten Weissrandfledermaus und Rauhautfledermaus sind akustisch kaum auseinanderzuhalten. Die bioakustischen Aufnahmen dieser Arbeit stammen aus Gebäudequartieren der Stadt Zürich. Infolge des örtlichen und zeitlichen Vorkommens sowie der Individuenzahl in den Quartieren kann die Rauhautfledermaus ausgeschlossen werden. Die Rauhautfledermaus zieht im Frühling Richtung Nordosteuropa (Ineichen & Ruckstuhl, 2010).

Während dem Sommer werden dort die Jungen aufgezogen (Ineichen & Ruckstuhl, 2010). Erst ab Herbst kehrt die Rauhaufledermaus für die Paarung und Überwinterung in die Schweiz zurück (ebd.). Einzelne Rauhaufledermaus-Männchen hätten während der Untersuchungsperiode angetroffen werden können. Doch grössere Ansammlungen von Rauhaufledermäusen während der Fortpflanzungszeit in der Stadt Zürich sollte es kaum geben (Bader, 2020).

Für die Bestimmung einer Fledermausart durch Bioakustik ist es empfehlenswert bei der Feldarbeit Standorte ohne breitbandige Störsignale (z.B. rauschendes Wasser) oder Geräusche von Motoren auszuwählen (Bader et al., 2018). Das Mikrofon sollte mit einem Abstand von zehn Meter von harten, glatten Oberflächen platziert werden, damit das Mikrofon von möglichst keinen Echos gestört wird (ebd.). Bei der Feldarbeit dieser Untersuchung wurde das Einhalten des Abstandes zwischen Mikrofon und harten Oberflächen wie der Gebäudefassade des Fledermausquartiers oder umliegenden Bauten aufgrund der Raumverhältnisse erschwert. Vor allem im innerstädtischen Gebiet lagen Fledermausquartiere oft an Strassen. Der Strassenverkehr war zwar am Abend bei den Aufnahmen der Fledermausrufe reduziert, trotzdem störten teilweise einzelne vorbeifahrende Fahrzeuge die Aufzeichnungen durch Motorengeräusche. Der Vorteil von Artbestimmungen mittels der Auswertung der Fledermausrufe ist, dass unerreichbare Gebäudequartiere kontrolliert werden können. Ein Nachteil ist, dass aufgrund der Ähnlichkeit von Rufen verschiedener Arten eine sichere Bestimmung nicht immer möglich ist. Zudem setzt eine manuelle Bestimmung der Fledermausart Kenntnis der Rufe der verschiedenen Arten und eine langjährige Erfahrung mit Fledermausrufen voraus. Eine automatische Erkennung und Einteilung von aufgezeichneten Fledermausrufen durch eine Software wie Batscope reicht nicht aus.

5.3 Anzahl und Quartierart

Quartiere, in welchen nur ein Individuum während der gesamten Untersuchungsdauer nachgewiesen werden konnte, sind wohl Tagesquartiere. Die Quartiere an der Rossbergstrasse, Engweg oder der Frankentalerstrasse könnten Zwischenquartiere von Weibchen sein, die sich danach in eine Wochenstube begaben. Bei den Weissrandfledermäusen kommen Ende Mai bis Anfangs Juni die Jungen zur Welt. Bereits Ende Juli lösen sich die Wochenstuben wieder auf (Dietz et al., 2007). Dies lässt sich anhand der Mediane der Individuen aller Weissrandfledermausquartiere pro Monat nicht erkennen (siehe Abbildung 13). In Wochenstuben von Weissrandfledermäusen kommen normalerweise etwa 20 Weibchen zusammen (Dietz et al., 2007). Nur in Ausnahmefällen können bis zu 100 Tiere zusammenkommen (ebd.). Die Quartiere an der Kalchbühlstrasse, Ottilienstrasse und Rebbergstrasse würden sich von der Anzahl Individuen und dem Zeitpunkt der Quartiernutzung als Wochenstuben von Weissrandfledermäusen interpretieren lassen, wobei das Quartier an der Rebbergstrasse ein Teilquartier einer Kolonie gewesen sein könnte. Das Gebäudequartier an der Ottilienstrasse könnte erst entdeckt worden sein, als sich die Kolonie nach der Geburt und Aufzucht der Jungtiere bereits wieder auflöste.

Bei Zwergfledermäusen werden Wochenstuben ab Mai von den Weibchen bezogen (Dietz et al., 2007). Die Weibchen gebären die Jungtiere von Mitte Juni bis Anfang Juli (ebd.). Nach vier Wochen sind die Jungen selbständig und die Wochenstuben lösen sich auf (ebd.). Die Quartiere der Zwergfledermäuse hatten im Juni den höchsten Median an Individuen. Im Juli nahm der Median bereits wieder ab und im August fanden sich keine Quartiere mehr mit vielen Individuen. Der Median der Individuen aller Zwergfledermausquartiere pro Monat wäre mit dem Verlauf der Jungaufzucht interpretierbar. In Wochenstuben von Zwergfledermäusen kommen etwa 50 bis 100 Weibchen, selten bis 250 Weibchen, zusammen (Dietz et al., 2007). Bei den Quartieren an der Grossackerstrasse, Rellstabstrasse, Lehrfrauenweg und Buchholzstrasse handelte es sich daher aufgrund der grossen Individuenzahl wahrscheinlich um Wochenstuben. Die stark ansteigende Individuenzahl in gewissen Quartieren kann jedoch nicht ausschliesslich auf die Geburt von Jungtieren zurückgeführt werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass zu einem späteren Zeitpunkt eine weitere Gruppe von adulten Fledermäusen dazu gezogen ist. Ein Beispiel ist die Beobachtung vom Quartier an der Rellstabstrasse 19. Im Juni konnten 56 und im Juli 151 Tiere gezählt werden. Es ist unmöglich, dass dieser Anstieg allein auf Jungtiere zurückzuführen ist, da ein Weibchen ein Jungtier zur Welt bringt. Trotzdem ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass es sich um eine Wochenstube handeln könnte. Eine Einordnung als Wochenstubeneintrag bei der Schweizerischen Koordinationsstelle für Fledermausschutz (KOF) ist aber nur mit dem Nachweis eines lebenden oder toten Jungtiers sowie eines laktierenden Weibchens möglich. Weiter kann die Anzahl der anwesenden adulten Zwergfledermäusen in Quartieren von Tag zu Tag variieren (Webb, Speakman & Racey, 1996). Dies ist auch möglich, nachdem eine hohe Anzahl von Individuen gezählt werden konnten.

Beispielsweise fliegen Fledermaus-Weibchen nach der Geburt der Jungtiere meist nicht aus und verbrauchen ihre Reserven (Dietz et al., 2007). Jungtiere sind noch fest am Körper der Mutter verankert und müssten bei einem allfälligen Flug mitgenommen werden (ebd.). Daher ist die Zahl der Individuen pro Quartier (Tabelle 5) mit Vorsicht zu behandeln.

Im Kanton Zürich werden Sommerquartiere, die eine hohe Individuenzahl aufweisen und bei denen von einer Wochenstube ausgegangen werden kann, bei allfälligen Schutzmassnahmen gleich wie nachgewiesene Wochenstuben behandelt (Safi-Widmer, 2020).

5.4 Weitere Resultate

Wochenstubenverbände von Zwergfledermäusen wechseln alle zwölf Tage das Quartier (Dietz et al., 2007). Der in dieser Untersuchung eruierte Median der Anzahl, an welchen Zwergfledermäuse die gefundenen Quartiere nutzten, liegt deutlich darüber. Dies ist damit zu erklären, dass nicht alle gefundenen Quartiere als Wochenstuben genutzt wurden.

Das Vorfinden der Weissrandfledermaus-Quartiere in älteren Gebäuden könnte auch damit zusammenhängen, dass der innenstädtische Bereich der Stadt Zürich, wo Weissrandfledermäuse vermehrt vorkommen, eher aus älteren Gebäuden besteht, wie zum Beispiel das Gebiet der Altstadt. Viele Gebäude, in denen sich Quartiere der Weissrand- und Zwergfledermäusen fanden, wurden zwischen 1960-1990 erbaut. Eine Vermutung könnte sein, dass sehr alte Gebäude renoviert wurden und dies vorkommende Fledermäuse tangiert hat.

In anderen Forschungsarbeiten flogen Zwergfledermäuse 33 Minuten vor Sonnenuntergang und 26 Minuten nach Sonnenuntergang aus dem Quartier (Jenkins, Laine, Morgan, Cole & Speakman, 1998). Die Lichtverhältnisse betrugen zwischen 16 und 183 lux. Weissrandfledermäuse fliegen oftmals vor Sonnenuntergang aus dem Quartier (Dietz et al., 2007). Ähnliche Resultate konnten mit dieser Arbeit festgestellt werden. Ein früher abendlicher Ausflug erhöht das Risiko für Fledermäuse Beute von Greifvögeln zu werden. Bei einem späteren Ausflug können jedoch grössere Ansammlung von Luftinsekten verpasst werden (Petrželková, Downs, Zukal & Racey, 2006). Die Nacht ist in den Monaten Juni und Juli kürzer als im Mai oder August. Hinzu kommt die Jungaufzucht. Dies könnte dazu führen, dass die Fledermäuse im Juli bei höheren Lux-Werten aus dem Quartier flogen als im August.

In kühleren Quartieren senken Fledermäuse ihre Körpertemperatur ab, gehen in Torpor und sparen viel Energie. In wärmeren Quartieren verbraucht der Körper zwar mehr Energie, doch die höhere Milchproduktion beschleunigt das Wachstum der Jungtiere (Dietz et al., 2007). Weibliche Fledermäuse bevorzugen Quartiere, in denen sie mit einer minimalen Stoffwechselregulation die Temperatur im Quartier auf einem ähnlichen Niveau halten können, wie die lokale Umgebungstemperatur. Schwangere und laktierende Mücken- und Zwergfledermäuse nutzten in einer Untersuchung in Nordeuropa ausschliesslich nach Süden ausgerichtete Schlafplätze (Petrželková et al., 2006). Gemäss der vorliegenden Arbeit nutzten hauptsächlich Weissrandfledermäuse südexponierte Quartiere. Es stellt sich die Frage, ob Weissrandfledermäuse im Gegensatz zu Zwergfledermäuse südexponierte Lagen bevorzugen, oder ob die Weissrandfledermäuse den Zwergfledermäusen die besten Quartiere wegnehmen. Eine Aufschlüsselung der Exposition der Quartiere der Weissrand- und Zwergfledermäusen nach Monaten zeigte kein Muster von allfälliger Verschiebung der Exposition. Es gibt dementsprechend kein Hinweis, dass im Sommer südexponierte Quartiere zu warm sein könnten, oder im Frühsommer nach Süden ausgerichtete Quartiere bevorzugt werden.

5.5 Welche Faktoren erklären das Vorkommen von Zwerg- und Weissrandfledermäusen in den Gebäudequartieren

5.5.1 Modell mit Radius von 25 m

Grünflächen im Radius von 25 Meter erklärten das Vorkommen von Zwergfledermäusen in Gebäudequartieren gemäss dem berechneten Modell am besten. Vegetationsbedeckung in urbanen Zentren ist wichtig, um Fledermäuse zu erhalten (Oprea, Mendes, Vieira & Ditchfield, 2009). In einer anderen Untersuchung waren Zwergfledermausquartiere im Vergleich zu zufälligen Gebäuden näher an und umgeben von einer grösseren Fläche von Wald und näher an einem grösseren Fluss im Umkreis von 500 Metern (Jenkins et al., 1998). In einer Publikation konnten Sommerquartiere der Zwergfledermäuse im kleinen Massstab am besten durch die Verfügbarkeit von grossen Wäldern vorhergesagt werden (Bellamy & Altringham, 2015). Einer der Gründe dafür könnte die vorteilhaften Futtersuche sein (Jenkins et al., 1998). Zwergfledermäuse jagen entlang von linearen Strukturen (Dietz & Kiefer, 2014). Dies können beispielsweise Waldränder sein. Im Siedlungsraum können Grünflächen mit Sträuchern und Bäumen geradlinige Strukturen darstellen. Grünflächen in der Stadt Zürich könnten Flächen sein, wo viele Insekten vorkommen. Dies könnte auch der Grund für die Wichtigkeit von Grünflächen in der Umgebung von den Zwergfledermausquartieren in dieser Arbeit sein. Während der Untersuchung konnten in der Dämmerung oftmals jagende Fledermäuse entlang von Strauchbepflanzungen und Alleen sowie um Bäume herum in der unmittelbaren Nähe des Gebäudequartiers beobachtet werden. Erst als es dunkel war, flogen die Fledermäuse weiter vom Gebäudequartier weg.

Wenn sich eine nahrungsreiche und geschützte Umgebung um das Fledermausquartier befindet, können Zwergfledermäuse bereits nach dem Ausflug viel Nahrung aufnehmen.

Die Höhe hat ebenfalls einen positiven Einfluss auf Zwergfledermäuse. Das Vorkommen der Weissrandfledermaus in Gebäudequartieren schien vor allem von der durchschnittlichen Lufttemperatur abzuhängen. In Colorado (Amerika) wurden die Quartieransprüche der Grossen Braunen Fledermaus (*Eptesicus fuscus*) untersucht. Die Gebäude mit Wochenstubenquartieren lagen höher über dem Boden und wiesen höhere Durchschnittstemperaturen als die zufällig ausgewählten Gebäude auf. Dabei könnten höhere Wochenstuben vor allem für junge Individuen ohne Flugerfahrung von Vorteil sein, da sie zusätzlichen Raum zum Fallenlassen und Heben haben, was die Gefahr reduziert von möglichen Raubtieren am Boden erfasst zu werden. Weiter könnten höher gelegene Ein- und Ausflugöffnungen besser wahrgenommen werden, was die Rückkehr in das Quartier nach der Jagd erleichtert (Neubaum, Wilson & O'Shea, 2010).

Die Begründung (erweiterter Flugraum, erleichterter Einflug) zur Höhe könnte auch für diese Untersuchung passen, auch wenn die Biologie und Ökologie der Grossen Braunen Fledermaus nicht vollumfänglich mit der Zwergfledermaus übereinstimmen.

Die höheren durchschnittlichen Temperaturen der amerikanischen Untersuchung könnten mit der Höhe zusammenhängen, da die höher gelegenen Quartiere mehr Sonnenstrahlung erhalten, weil sie weniger von angrenzenden Bäumen und Gebäude beschattet werden (Neubaum et al., 2010). Die Lufttemperatur, welche für diese Untersuchung verwendet worden ist, wird weder von Sonnenstrahlung noch von Bodenwärme oder Wärmeleitung beeinflusst. Daher könnten höher gelegene Gebäudequartiere aufgrund der Sonneneinstrahlung und der Materialien in und um das Quartier, welche sich aufwärmen könnten (z.B. Blechabzug Flachdach), noch wärmere mikroklimatische Bedingungen aufweisen. Der positive Effekt von höheren Lufttemperaturen, von welchen die Weissrandfledermäuse profitieren, wurde im letzten Abschnitt des Kapitels 5.4 beschrieben. Es ist nicht erstaunlich, dass die mediterrane und thermophile Weissrandfledermaus (Rudolph et al., 2010) wärmere Lufttemperaturen bevorzugt.

5.5.2 Modell mit Radius von 100 m

Je höher die Lufttemperatur um 14 Uhr ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass Weissrandfledermäuse im Gebäudequartier vorkommen. In Berlin nahm die Aktivität von der Zwergfledermaus mit zunehmender Temperatur in Freiflächen zu (Straka, Wolf, Gras, Buchholz & Voigt, 2019). Insekten entwickeln sich dann schneller und sind aktiver (Duelli, 2007) und Weissrandfledermäuse nutzen entsprechend warme Gebiete zur Insektenjagd (Taucher & Gloor, 2019). Wenn die Jungtiere flügge werden, ist es besonders wichtig, dass in der nahen Quartierumgebung ein grosses Beuteangebot besteht (Dietz et al., 2007). Wärmere Schlafplätze erhöhen die Fitness der Fledermäuse. Dies kann zu einer schnelleren Trächtigkeit und

Entwicklung der Jungtiere führen (Voigt et al., 2015). Kolonien von Weissrandfledermäusen in Städten gebären früher und mehr Junge (Ancillotto, Russo & Tomassini, 2015).

Hohe Lufttemperaturen könnten die Bedingungen im Gebäudequartier so beeinflussen, dass Fledermäuse weniger Energie aufwenden müssen, um die Temperatur im Quartier an die Umgebungstemperatur anzupassen.

Der Einfluss einer niedrigen Baumbedeckung auf das Vorkommen von Weissrandfledermäusen in Gebäudequartieren ist darauf zurückzuführen, dass Weissrandfledermäuse eher Gebäudequartiere in wärmeren Stadtzentren nutzen (Ineichen & Ruckstuhl, 2010). Im Siedlungsgebiet der Stadt Zürich nahm die versiegelte Fläche zwischen 2008 und 2018 um zwei Prozent zu (Schubnell, 2020). Die Intensität der Bodenversiegelung nimmt meist vom Stadtrand zur Innenstadt zu (Endlicher, 2012). Der Deckungsgrad der Stadtbäume im urbanen Gebiet der USA sank in den letzten Jahren (Nowak & Greenfield, 2018). Auch in der Stadt Zürich nahm der Deckungsgrad der Stadtbäume zwischen 2008 und 2018 um fast zwei Prozent ab (Schubnell, 2020). Es kann angenommen werden, dass mit der Nähe zum Stadtkern die Baumbedeckung abnimmt. Daher ist die Umgebung der Gebäudequartiere von Weissrandfledermäuse stärker versiegelt und verfügt über weniger Grünflächen mit Sträuchern und Bäumen.

Weissrandfledermäuse jagen oft an Strassenbeleuchtungen (Dietz & Kiefer, 2014). Insekten werden vom Licht angezogen und es ist für die lichttolerante Weissrandfledermaus einfach und effizient entlang von Strassenlampen zu jagen (Held et al., 2013). Weissrandfledermäuse jagen auch in Gärten, Parks oder an Gewässern (Dietz & Kiefer, 2014), könnten aber weniger an das Vorhandensein von Vegetation im Quartierumfeld angewiesen sein.

Ein hoher Anteil an Baumbedeckung im Radius von 100 Meter erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass Zwergfledermäuse ein Gebäudequartier bewohnen. Das Vorkommen von Fledermäusen wird durch einheimische Pflanzen und dem Erhalt grosser Bäume positiv beeinflusst (Threlfall, Williams, Hahs & Livesley, 2016). Untersuchungen aus Grossbritannien zeigen, dass sich eine zunehmende städtische Dichte negativ auf die Zwergfledermaus auswirkt. Baumnetze wirken sich hingegen positiv auf die Art aus (Hale, Fairbrass, Matthews & P. Sadler, 2012). Bei einer Arbeit wurden 21 Fledermausquartiere von Zwergfledermäusen untersucht und mit 17 zufällig ausgewählten Gebäuden verglichen. Die von Zwergfledermäusen bewohnten Gebäude waren näher an einem über 10 Meter hohen Baum und hatten im Umkreis von 50 m eine höhere prozentuale Baumbedeckung mit Bäumen höher als 10 Metern (Jenkins et al., 1998). Eine frühere Studie zeigte, dass sich eine hohe Baumbedeckung innerhalb von 100 Metern positiv für die Zwergfledermaus auswirkt (Straka et al., 2019). Bäume können das Mikroklima des Quartieres verbessern und Fledermäuse als Schutz vor Raubtieren dienen (Jenkins et al., 1998). Eine Deckung in der Nähe des Quartieres kann besonders die Überlebenschance junger Fledermäuse, die nicht schnell fliegen können, verbessern (Racey & Swift, 1985). Zudem können die

Fledermäuse am Abend früher ausfliegen, was den Zeitraum der Nahrungssuche verlängert. Bei der Arbeit konnte festgestellt werden, dass Fledermäuse bei höherer Baumbedeckung im Durchschnitt 11 Minuten früher aus dem Quartier flogen (Jenkins et al., 1998).

Ein früher Ausflug erlaubt auch die Jagd nach Insekten kurz vor der Dämmerung, wenn diese am meisten vorhanden sind (Rydell, Entwistle & Racey, 1996). Oftmals führten Bäume als lineare Strukturen vom Fledermausquartier weg. Diese können als Navigation dienen und Futterquelle und Schutz vor Feinden bieten (Jenkins et al., 1998). Zwergfledermäuse fliegen entlang von Flugkorridoren in die Jagdlebensräume (Lugon, Eicher & Bontadina, 2017). Diese könnten sich auch entlang von Bäumen befinden. Dass die Baumbedeckung im 100 Meter Radius in dieser Untersuchung eine einflussreiche Variable ist, kann daher auf die vorher beschriebenen Gründe zurückgeführt werden.

Mögliche Gründe für den Einfluss des Gebäudealters in dieser Untersuchung wurde bereits im Kapitel 5.4 genannt. Bei anderen Untersuchung konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen Quartiernutzung und Gebäudealter gefunden werden (Jenkins et al., 1998). Zwergfledermäuse und Weissrandfledermäuse nutzen gemäss Literatur Quartiere, welche sich an modernen Gebäuden und Neubauten befinden (Ineichen & Ruckstuhl, 2010). Für die Variable Fassadenmaterial fand diese Untersuchung keinen Zusammenhang zur Quartiernutzung. Zum gleichen Resultat kamen andere Studien (Jenkins et al., 1998).

5.6 Schutz von Gebäudequartieren

Spaltenquartiere in Städten sind häufig (Russo & Ancillotto, 2014). Die Fledermäuse bewohnen seit einem langen Zeitraum Gebäude von Menschen (Voigt et al., 2015). Synanthrope Fledermäuse haben dadurch einen energetischen Vorteil (Voigt et al., 2015). Gebäudequartiere bergen jedoch auch gewisse Risiken wie chemische Schadstoffe oder versehentlich in Gebäude eingeschlossen zu werden (Voigt et al., 2015).

Das Vorkommen von Fledermäusen kann durch das Fehlen von Quartieren eingeschränkt sein (Jenkins et al., 1998). In Grossbritannien wurden fünf Quartiere von Mückenfledermaus-Weibchen in frühen Stadien der Tragzeit verschlossen. Alle Tiere fanden ein Ersatzquartier. Die Verluste von mehreren Quartieren könnten jedoch dazu führen, dass weniger Jungtiere geboren werden. Auch eine tiefere Überlebensrate von adulten Tieren wäre möglich. Dies würde zu einem Rückgang des Koloniewachstumes zumindest ein Jahr nach dem Verschluss des Quartiers führen (Stone et al., 2015). López-Roig und Serra-Cobo (2014) konnten in ihrer Untersuchung feststellen, dass menschliche Störungen zu einem starken Rückgang der Überlebensrate adulter Zwergfledermaus-Weibchen führen. Dies könnte bedeuten, dass Störungen Einfluss auf die Dynamik der Fledermauskolonie haben.

Gebäude müssen im hohen Alter saniert werden, um die Gebäudesubstanz zu erhalten. Entsprechend können auch Fledermäuse das Gebäude weiter als Quartier nutzen. Bei einem frühzeitigen Einbezug der Fledermäuse in die Planung bei Neubauten oder Renovationen können Gebäude kostenneutral instandgesetzt werden und das Quartier kann bewahrt werden. Die Arbeiten sollten im Zeitraum durchgeführt werden, wenn die Fledermäuse abwesend sind. Falls das Quartier nicht bestehen bleibt, sollten neue Quartiere geschaffen werden. Bei Fledermäusen die Spalten besiedeln, ist eine Umsiedlung am aussichtsreichsten (Dietz & Kiefer, 2014). Beispielsweise finden Zwergfledermäuse Unterschlupf an Neubauten. Besonders Männchen sind anspruchslos und nehmen enge, tiefe Spalten ein (Gebhard, 1997).

6 Schlussfolgerung

- Die Quartierkontrollen zeigten, dass viele Quartiere nicht mehr genutzt werden. Mögliche Gründe könnten Umbauten, Renovationen oder Veränderung im Umfeld des Fledermausquartiers sein. Um herauszufinden, warum Fledermausquartiere nicht mehr genutzt werden, könnten momentan genutzte Quartiere der beiden Arten mit ungenutzten Quartieren, welche von beiden Arten mit Bestimmtheit bewohnt wurden, verglichen werden.
- Verschiedene nahe beieinanderliegende Gebäudequartiere könnten jeweils von einer Weissrand- oder Zwergfledermauskolonie genutzt worden sein. In Zukunft könnte mittels Telemetrie herausgefunden werden, ob mehrere Gebäudequartiere von der gleichen Fledermauskolonie benutzt werden.
- Insgesamt konnten in 18 Quartieren Weissrandfledermäuse festgestellt werden. Sommerquartiere der Weissrandfledermaus verteilten sich über das ganze Stadtgebiet. 17 Quartiere konnten Zwergfledermäusen zugeordnet werden. Die Sommerquartiere der Zwergfledermaus befanden sich eher ausserhalb der innerstädtischen Zonen.
- Es gab einige Sommerquartiere von Zwergfledermäusen mit über 30 Individuen pro Quartier. Von Weissrandfledermäusen gab es nur vereinzelt Quartiere mit mehr als 30 Individuen pro Quartier. Es braucht weitere Untersuchungen, um zu ermitteln, ob es sich bei den Gebäudequartieren um Wochenstuben oder Sommerquartiere handelt.
- Weissrandfledermäuse scheinen Quartiere mit einer hohen Lufttemperatur während des Tages zu bevorzugen. In wärmeren Quartieren verbraucht der Körper mehr Energie, aber das Wachstum der Jungtiere wird beschleunigt. Es könnte aber auch damit zusammenhängen, dass sich viele Quartiere im innerstädtischen Bereich befinden und dort die Temperatur aufgrund der Lage höher ist.
- Zwergfledermäuse bevorzugen Quartiere mit viel Grünflächen und einer hohen Baumbedeckung in der Umgebung. Vegetationsflächen können nahrungsreiche Flächen sein und wie Bäume lineare Struktur darstellen, welche zur Navigation dienen und Schutz vor Feinden bieten. Es braucht weitere Studien, um die Quartieransprüche von Zwerg- und Weissrandfledermäusen zu untersuchen. Wobei zum Beispiel Quartiere, die als Wochenstuben genutzt werden, verglichen werden könnten.
- Weitere Abklärungen werden benötigt, um herauszufinden, ob Weissrandfledermäuse Einfluss auf die Verfügbarkeit von Gebäudequartieren mit optimalen Bedingungen haben und somit andere Fledermausarten, insbesondere die Zwergfledermaus konkurrenzieren. Mit einer zukünftig kontinuierlichen und flächendeckenden Erhebung der Gebäudequartiere in der Stadt Zürich könnten Rückschlüsse über die Dauer der Quartiernutzung, die Artenverteilung sowie Populationsgrößen gezogen werden.

- Eine Liste mit allen Standorten, den dazugehörigen Adressen, Koordinaten und Fotografien der Ausflugsöffnungen wird am Ende der Arbeit dem Fledermausschutz des Kantons Zürich übermittelt. Dieser leitet die Daten an Grün Stadt Zürich weiter, damit Schutzbemühungen für Gebäudequartiere der Fledermäuse im Bewilligungsverfahren unternommen werden können.

7 Literaturverzeichnis

- Ancillotto, L., Russo, D. & Tomassini, A. (2015). The fancy city life: Kuhl's pipistrelle, *Pipistrellus kuhlii*, benefits from urbanization. *Wildlife Research*, (42(7)), 598–606. <https://doi.org/10.1071>.
- Ancillotto, L., Santini, L., Ranc, N., Maiorano, L. & Russo, D. (2016). Extraordinary range expansion in a common bat: the potential roles of climate change and urbanisation. *The Science of Nature*, (103), 3–4. <https://doi.org/10.1007>.
- Azen, R. & Traxel, N. (2009). Using Dominance Analysis to Determine Predictor Importance in Logistic Regression. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, (34(3)), 319–347. <https://doi.org/10.3102>.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2018). *Multivariate Analysemethoden: eine anwendungsorientierte Einführung* (15., vollständig überarbeitete Auflage.). Berlin: Springer Gabler.
- Bader, E. (2020). Zwerg- und Weissrandfledermäuse. E-Mail vom 30.03.2020.
- Bader, E., Bontadina, F., Frey-Ehrenbold, A., Schönbächler, C., Zingg, P. E. & Obrist, M. K. (2018). Richtlinien für Aufnahme, Auswertung und Validierung von Fledermaus-Rufen in der Schweiz. Bericht der Swiss Bat Bioacoustics Group SBBG.
- Bauer, K. (1996). Ausbreitung der Weissrandfledermaus *Pipistrellus kuhlii* (KÜHL, 1819) in Österreich. *Mitt. Landesmus. Joanneum Zool. Graz*, (Heft 50), 17–24.
- Bellamy, C. & Altringham, J. (2015). Predicting Species Distributions Using Record Centre Data: Multi-Scale Modelling of Habitat Suitability for Bat Roosts. *PLoS ONE*, (10(6):e0128440). <https://doi.org/10.1371>.
- Bohnenstengel, T., Krättli, H., Obrist, M. K., Bontadina, F., Jaberg, C., Ruedi, M. et al. (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.
- Bohnenstengel, T., Schönbächler, C. & Rey, E. (2008). Akustische Identifikation von schweizerischen Fledermäusen Teil 1. Kurs für die akustische Identifikation von Fledermäusen Atelier Rote Liste der Fledermäuse der Schweiz. Arbeitsdokument. Neuchâtel, Version 04.06.2008.

- Braun, M. & Dieterlein, F. (2003). Die Säugetiere Baden-Württembergs (Band 1). Stuttgart (Hohenheim): Verlag Eugen Ulmer.
- Bühl, A. (2014). SPSS 22: Einführung in die moderne Datenanalyse (14., aktualisierte Aufl.). Hallbergmoos: Pearson.
- Bundesamt für Landestopografie swisstopo. (2020). SWISSIMAGE. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Seftigenstrasse 264, 3084 Bern.
- Burkhard, W.-D. (1999). Gebäude bewohnende Fledermäuse. Erziehungsrat des Kanton St. Gallen.
- Dietz, C. & Kiefer, A. (2014). Die Fledermäuse Europas kennen, bestimmen, schützen. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG.
- Dietz, C., Niel, D. & von Helversen, O. (2007). Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas: Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. Stuttgart: Kosmos.
- Duelli, P. (2007). Manche mögens heiss. Insekten auf dem Vormarsch. Hotspot, (16), 12–13.
- Endlicher, W. (2012). Einführung in die Stadtökologie. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Gebhard, J. (1997). Unsere Fledermäuse. Basel: Naturhistorisches Museum.
- Haffner, M. & Stutz, H.-P. B. (1985). Die Fledermäuse der Stadt Zürich. Situationsaufnahme und Schutzkonzept. Auftrag.: Gartenbauamt Stadt Zürich.
- Hale, J. D., Fairbrass, A. J., Matthews, T. J. & P. Sadler, J. (2012). Habitat Composition and Connectivity Predicts Bat Presence and Activity at Foraging Sites in a Large UK Conurbation. PLoS ONE, (7, e33300). <https://doi.org/10.1371>.
- Hausser, J. & Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (Hrsg.). (1995). Säugetiere der Schweiz: Verbreitung, Biologie, Ökologie (Denkschriften der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften; Mémoires de l'Académie suisse des sciences naturelles; Memorie dell'Accademia svizzera di scienze naturali). Basel; Boston: Birkhäuser.
- Held, M., Hölker, F. & Jessel (Eds.), B. (2013). Schutz der Nacht – Lichtverschmutzung, Biodiversität und Nachtlandschaft, Bundesamt für Naturschutz - Skripten. Bonn: Bundesamt für Naturschutz.
- Ineichen, S. & Ruckstuhl, M. (2010). Stadtf fauna 600 Tierarten der Stadt Zürich. Bern: Haupt.
- Jenkins, E. V., Laine, T., Morgan, S. E., Cole, K. R. & Speakman, J. R. (1998). Roost selection in the pipistrelle bat, *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae), in northeast Scotland. *Animal Behaviour*, (56 (4)), 909–917. <https://doi.org/10.1006>.

- Jetz, W., Wilcove, D. S. & Dobson, A. P. (2007). Projected Impacts of Climate and Land-Use Change on the Global Diversity of Birds. *PLoS BIOLOGY*, (Volume 5), 1211–1219. <https://doi.org/10.1371>.
- Jones, G. & Davidson-Watts, I. (2005). Differences in foraging behaviour between *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) and *Pipistrellus pygmaeus*. *Journal of Zoology*, (268), 55–62.
- Kriner, E. (o. J.). Kleine Übersicht über die Rufe unserer Fledermäuse. Koordinationsstelle für Fledermausschutz Südbayern. Kirchplatz 6, 82211 Herrsching.
- Lenggenhager, S. (2020). Tageslänge - Frühester Sonnenaufgang bereits vorbei. *Meteo-Stories*. SRF. Verfügbar unter: <https://www.srf.ch/meteo/meteo-stories/tageslaenge-fruehester-sonnenaufgang-bereits-vorbei>
- López-Roig, M. & Serra-Cobo, J. (2014). Impact of human disturbance, density, and environmental conditions on the survival probabilities of pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*). *Population Ecology*, (56(3)), 471–480. <https://doi.org/10.1007>.
- Lugon, A., Eicher, C. & Bontadina, F. (2017). Fledermausschutz bei der Planung, Gestaltung und Sanierung von Verkehrsinfrastrukturen - Arbeitsgrundlage. BAFU und ASTRA.
- Morf, L., Safi-Widmer, K. & Muntwyler, C. (2016). Fledermausschutz: Bericht einer Zusammenarbeit. *Denkmalpflege 31 ZUP*, (Nr. 84), 31–32.
- Neubaum, D., Wilson, K. R. & O'Shea, T. J. (2010). Urban Maternity-Roost Selection by Big Brown Bats in Colorado. *Journal of Wildlife Management*, (71(3)), 728–736. <https://doi.org/10.2193/2005-684>.
- Nowak, D. J. & Greenfield, E. J. (2018). Declining Urban and Community Tree Cover in the United States. *United States: Urban Forestry and Urban Greening*, (48).
- Oprea, M., Mendes, P., Vieira, T. B. & Ditchfield, A. D. (2009). Do wooded streets provide connectivity for bats in an urban landscape? *Biodiversity and Conservation*, (18(9)), 2361–2371. <https://doi.org/10.1007>.
- Petrželková, K. J., Downs, N. C., Zukal, J. & Racey, P. A. (2006). A comparison between emergence and return activity in pipistrelle bats *Pipistrellus pipistrellus* and *P. pygmaeus*. *Acta Chiropterologica*, (Volume 8, Number 2), 381–390. <https://doi.org/10.3161>.
- Racey, P. A. & Swift, S. M. (1985). Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Chiroptera: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation. I. Foraging behaviour. *Journal of Animal Ecology*, (54), 217–225. <https://doi.org/10.2307>.
- Reichholf, J. H. (2007). *Stadtnatur. Eine neue Heimat für Tiere und Pflanzen*. München: oekom.

- Richarz, K. (2012). Fledermäuse in ihren Lebensräumen. Erkennen und Bestimmen (1. Auflage.). Wiebelsheim: Quelle & Meyer Verlag GmbH & Co.
- Rudolph, B.-U., Lichti, H., Liegl, C. & Pichl, S. (2010). Verbreitung, Status und erste Erkenntnisse zum Verhalten und zur Ökologie der Weissrandfledermaus, *Pipistrellus kuhlii* (Kühl, 1817), in Bayern. Nyctalus (N.F.), Berlin 15, (Heft 2-3), S. 195-212.
- Russo, D. & Ancillotto, L. (2014). Sensitivity of bats to urbanization: A review. Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde, (80(3)), 205–212. <https://doi.org/10.1016>.
- Rydell, J., Entwistle, A. & Racey, P. (1996). Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. Oikos, (76), 243–252. <https://doi.org/10.2307>.
- Sachanowicz, K., Wower, A. & Bashta, A.-T. (2006). Further range extension of *Pipistrellus kuhlii* (Kühl, 1817) in central and eastern Europe. Acta Chiropterologica, (8), 543–548.
- Safi-Widmer, K. (2020). Einteilung der Quartiere. E-Mail vom 30.10.2020.
- Sattler, T. (2009). Biodiversity in urban landscape matrices: from species richness to functional community structure. UPhD thesis, University of Bern.
- Schubnell, L. (2020). Urban Tree Cover - Wie entwickelt sich der Deckungsgrad der Stadtbäume in der Schweiz. Bachelorarbeit (unveröffentlicht). Wädenswil: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.
- Skiba, R. (2009). Europäische Fledermäuse (2. Auflage.). Magdeburg: VerlagsKG Wolf.
- Statistisches Amt des Kantons Zürich. (2020). Gemeindeporträt Zürich. Direktion der Justiz und des Innern Kanton Zürich.
- Stone, E., Zeale, M. R. K., Newson, S. E., Browne, W. J., Harris, S. & Jones, G. (2015). Managing Conflict between Bats and Humans: The Response of Soprano Pipistrelles (*Pipistrellus pygmaeus*) to Exclusion from Roosts in Houses. PLoS ONE, (10(8), e0131825). <https://doi.org/10.1371>.
- 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, (Volumne 7), Article 91. <https://doi.org/10.3389>.
- Stutz, H.-P. B. & Haffner, M. (2014). Der Prime Tower als "Foodstation". (4), (Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.), 4–8.

- Taucher, A.-L. & Gloor, S. (2019). Fledermäuse in der Stadt - gebäudebewohnende Arten. Ein Projekt zur Untersuchung der Fledermausaktivität in Innenhöfen der Stadt Zürich. Verein StadtNatur, interner Bericht. Verein StadtNatur, c/o SWILD, Wuhrstrasse 12, 8003 Zürich.
- Threlfall, C. G., Williams, N. S. G., Hahs, A. K. & Livesley, S. J. (2016). Approaches to urban vegetation management and the impacts on urban bird and bat assemblages. *Landscape and Urban Planning*, (Volume 153), 28–39. <https://doi.org/10.1016>
- Voigt, C. C., Phelps, K. L., Aguirre, L. F., Schoeman, M. C., Vanitharani, J. & Zubaid, A. (2015). Bats and Buildings: The Conservation of Synanthropic Bats. *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*, 427–462. <https://doi.org/10.1007>.
- Webb, P. I., Speakman, J. R. & Racey, P. A. (1996). Population dynamics of a maternity colony of the pipistrelle bat (*Pipistrellus pipistrellus*) in north-east Scotland. *Journal of Zoology*, (240), 777–780. <https://doi.org/10.1111>.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Weissrandfledermaus (<i>Pipistrellus kuhlii</i>) (Bild: Stiftung Fledermausschutz).	15
Abbildung 2: Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) (Bild: Stiftung Fledermausschutz).	16
Abbildung 3: Gebäudequartiere auf dem Gemeindegebiet der Stadt Zürich, welche während April bis August mindestens ein Mal auf das Vorkommen von Fledermäusen überprüft wurden.	18
Abbildung 4: Die Quartiertypen andere Spalten (links oben), First (rechts oben), Mansarde (links unten) und Zwischendach (rechts unten).	20
Abbildung 5: Die Quartiertypen Blechabzug Flachdach (rechts oben), Rollladenkasten (links oben) und Mauerspalte (links unten).	21
Abbildung 6: Grundlage zur Einteilung der Exposition der Fledermausquartiere.	24
Abbildung 7: Die roten Quartiere waren zum Zeitpunkt der Kontrolle unbewohnt. In den grünen Quartieren konnten Fledermäuse nachgewiesen werden. Die schwarzen Punkte kennzeichnen Quartiere, welche neu entdeckt wurden.	27
Abbildung 8: Am unteren Bildrand befindet sich das Quartier (Zwergfledermäuse, orange) am Lehfrauenweg. Im Norden sind die Quartiere (Zwergfledermäuse, orange) der Buchholzstrasse gekennzeichnet (Grafik: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2020, verändert).	30
Abbildung 9: Standorte der Zwergfledermausquartiere (orange) an der Rellstabstrasse. In der rechten Bildecke ein Tagesquartier (schwarz) einer unbestimmten Fledermausart (Grafik: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2020, verändert).	31
Abbildung 10: Grafische Darstellung eines möglichen Ablaufes der Quartierwechsel von Weissrandfledermäusen (rot). Beim ersten Quartierfund (schwarz) konnte keine Fledermausart ermittelt werden (Grafik: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2020, verändert).	32
Abbildung 11: Neben drei Quartieren von Zwergfledermäusen (orange), konnte auch ein Quartier von Weissrandfledermäusen (rot) festgestellt werden. Allerdings ist die Bestimmung unsicher. Südlich davon liegt ein Quartier (schwarz), bei dem die Fledermausart nicht bestimmt werden konnte (Grafik: Bundesamt für Landestopografie swisstopo, 2020, verändert).	33
Abbildung 12: Quartiere der Zwergfledermaus (<i>Pipistrellus pipistrellus</i> , in orange und türkis) und der Weissrandfledermaus (<i>Pipistrellus kuhlii</i> , in rot und violett).	34
Abbildung 13: Die Boxplots zeigen den Median der Individuen aller Weissrandfledermausquartiere pro Monat.	37

Abbildung 14: Die Boxplots stellen das untere und obere Quartil sowie die Ausreisser der Individuen der Zwergfledermausquartiere pro Monat dar.	37
Abbildung 15: Die Boxplots zeigen, wie lang die Gebäudequartiere von den jeweiligen Arten (Zwergfledermaus orange, Weissrandfledermaus rot) genutzt wurden.....	38
Abbildung 16: In der Stadt Zürich gibt es insgesamt 49'033 Gebäude (100%). Obwohl Gebäude, welche von 1961 bis 1990 erbaut wurden, nur einen kleinen Anteil aller Gebäude der Stadt Zürich ausmacht, sind viele Gebäudequartiere in Gebäuden aus dieser Zeit. Ausgewertet wurden 40 (100%) Fledermausquartiere, bei denen während dem untersuchten Zeitraum mindesten sieben Individuen beim Ausflug am Abend gezählt worden sind.....	39
Abbildung 17: Der Median der Boxplots zeigt, dass Weissrandfledermäuse im Vergleich zu Zwergfledermäusen Quartiere in älteren Gebäuden beziehen.	39
Abbildung 18: Beide Fledermausarten flogen bei gleichen Lichtverhältnissen in den jeweiligen Monaten aus dem Quartier.	40
Abbildung 19: Bis zum längsten Tag des Jahres am 20. Juni 2020 flogen die Fledermäuse immer später am Abend aus dem Gebäudequartier. Danach flogen sie am Abend kontinuierlich früher aus dem Quartier.....	41
Abbildung 20: Die Exposition der Quartiere der Zwerg- und Weissrandfledermäuse.....	41
Abbildung 21: Die Punkte kennzeichnen 13 vor der Feldarbeit bekannte Einzelfunde und ein Stellnetzfang während der Beobachtung von Zwergfledermäusen (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) aus einer Untersuchung aus dem Jahre 1985 (Haffner & Stutz, 1985). Quadrate stellen Quartiernachweise der Zwergfledermäuse dar. Punkte unterhalb der Distanzskala zeigen, die Anzahl nicht lokalisierter Einzelfunde auf dem Zürcher Stadtgebiet [Grafik: (Haffner & Stutz, 1985), verändert].....	45
Abbildung 22: Workflow für die Ermittlung der Daten gewisser Variablen.	XII

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die Tabelle zeigt, aus welche Karten des GIS Browsers des Kantons Zürich die Werte für die Daten der Variablen stammen.....	24
Tabelle 2: Die ersten beiden Shapefiles sind aus dem Open Data Katalog der Stadt Zürich. Die weiteren Shapefiles und das Raster wurden von SWILD bereitgestellt.	24
Tabelle 3: Die Tabelle zeigt, ob bei der Kontrolle der Gebäudequartiere Fledermäuse nachgewiesen werden konnten (✓, grün) oder ob die Quartiere unbewohnt waren (x, rot).....	28
Tabelle 4: Die Tabelle zeigt, wann die neu gefundenen Fledermausquartiere bewohnt (✓, grün) waren und zu welcher Zeit die Quartiere verlassen waren (x, rot).	29
Tabelle 5: Einzig die Zahl Individuen der Grossackerstrasse 56 beruht auf dem Mittelwert von drei Zählungen. Ansonsten ist die Zahl der Individuen jeweils bei einer Ausflugszählung zustande gekommen. Die Anzahl Quartiere pro Monat beruht nur auf Quartieren, bei denen am Abend Fledermausindividuen ausgeflogen sind. Quartiere von Zwergfledermäusen (<i>Pipistrellus pipistrellus</i>) sind orange eingefärbt und Quartiere von Weissrandfledermäuse (<i>Pipistrellus kuhlii</i>) sind rot eingefärbt.	36
Tabelle 6: Im ersten Abschnitt sind alle Variablen des Endmodelles aufgelistet. Das Modell mit den Variablen Höhe, Lufttemperatur um 14 Uhr und Grünflächen im 25 Meter Radius hatten den tiefsten AIC-Wert. Der p-Wert zeigt die Signifikanz der einzelnen Variablen. Die Pseudo-R ² zeigen den Anteil der Varianz in den Daten, die durch das Modell erklärt werden. Im letzten Abschnitt wird die Differenz gezeigt, um wie viel das Modell ohne die jeweilige Variable schlechter wäre.....	42
Tabelle 7: Aus den Variablen, die zu Beginn in das Modell eingespeist wurden, konnte ein tiefer AIC Wert mit den Variablen Höhe, Gebäudealter, Lufttemperatur (14 Uhr) und Baumbedeckung im 100 m Radius erzielt werden. Bis auf die Variable Höhe sind alle signifikant. Die Höhe hat gemäss den Werten im letzten Abschnitt der Tabelle auch den geringsten Einfluss auf das Modell. Die Lufttemperatur ist die wichtigste Variable innerhalb des 100 m Radius Modelles.	43
Tabelle 8:Übersicht wie die Begriffe der Biotopkartierung für die einzelnen Variablen zusammengefasst wurden.	XI

Anhang

Anhangsverzeichnis

Anhang A: Citizen Science	II
Anhang B: Medienmitteilung	VIII
Anhang C: Kot-Analyse	X
Anhang D: GIS: Kategorisierung Begriffe Biotopkartierung Stadt Zürich/Aufbereitung der Daten für GLM	XI
Anhang E: Daten Kontrolle und Erhebung Fledermausquartiere (elektronische Abgabe)	
Anhang F: R-Skript GLM-Modell (elektronische Abgabe)	
Anhang G: Excel mit Angaben zum Quartierstandort und Bilder (elektronische Abgabe)	
Anhang H: Plagiatserklärung	XIII
Anhang I: Text Blog-Eintrag	XIV

Anhang A

Citizen Science



Bachelorarbeit Lukas Schweizer 2020



© Daniel Hardegger / stadtwildtiere.ch

Informationen zu meiner Bachelorarbeit „Wo leben Fledermäuse in der Stadt Zürich“

Erforschung der Fledermäuse in der Stadt Zürich

Im Rahmen meiner Bachelorarbeit untersuche ich zusammen mit StadtwildTiere von Mai bis Ende August 2020 Gebäudequartiere in bestimmten Gebieten in der Stadt Zürich.

Fledermäuse gibt es auf dem gesamten Gebiet der Stadt Zürich. Auf der Meldeplattform zuerich.stadtwildtiere.ch sind zahlreiche Beobachtungen eingegangen. Die nachtaktiven Fledermäuse sind sehr heimliche Stadtbewohnerinnen, man kriegt sie nur sehr selten zu Gesicht. Ich will in meiner Bachelorarbeit herausfinden:

1. Existieren bekannte Quartiere noch?
2. Welche Fledermausarten bewohnen die Quartiere?
3. Wie viele Fledermäuse bewohnen das Quartier?

Quartierkontrolle an Gebäuden

In Zusammenarbeit mit den kantonalen Fledermausbeauftragten des Kanton Zürichs werden wir von Mai bis August Kontrollen an Fledermausquartieren durchführen. Diese Quartiere wo die Fledermäuse den Tag verbringen, wurden in den letzten 40 Jahren bei der kantonalen Stelle gemeldet. Dabei handelt es sich oftmals um Spalten und Hohlräume an Gebäuden, zum Beispiel in Rolladenkästen, unter Zwischendächern oder Mauerspalt. Uns interessiert, ob diese Quartiere noch vorhanden sind und von Fledermäusen genutzt werden, und falls ja, von wie vielen und von welcher Art. Für die Überprüfung der Fledermausquartiere werden wir diese in den Abendstunden oder den frühen Morgenstunden aufsuchen und gegebenenfalls mit Feldstechern die Fledermausaktivität beobachten und dokumentieren.



Bachelorarbeit Lukas Schweizer 2020



Falls Sie diesen Informationsflyer erhalten haben, war das Gebäude, in welchem Sie wohnen, ein Standort eines Fledermausquartiers. Bei Fragen und für weitere Informationen zum Projekt stehen ich Ihnen gern zur Verfügung (Tel./E-Mail unten nachfolgend).

Fledermaus-Quartier an ihrem Haus entdeckt? Ihre Beobachtungen interessiert mich!

Haben Sie bei Ihnen oder auf dem Gebiet der Stadt Zürich ein Fledermaus-Quartier entdeckt? Melden Sie mir Ihre Beobachtung und tragen Sie Ihre Beobachtung auf zuerich.stadtwildtiere.ch ein und helfen Sie mit bei der Erforschung der Fledermäuse im Siedlungsraum.

Zusätzlich finden Sie auf der Meldeplattform zuerich.stadtwildtiere.ch eine Fülle an spannenden Informationen zu den Wildtieren im Siedlungsraum. Eine Bildergalerie zeigt Schnappschüsse, die andere Beobachter mit den Beobachtungsmeldungen hochgeladen haben und dank einer Suchfunktion können Sie leicht nachschauen, welche Tiere rund um Ihr Haus bereits beobachtet wurden.

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

Bei Fragen oder Anmerkungen, melden Sie sich bitte bei

Lukas Schweizer

Telefon: 079 485 22 38 / E-Mail:

schwelu2@students.zhaw.ch



Angaben zum Quartier

PLZ, Ort:

.....

Strasse, Nr:

.....

Genaue Angaben zum Ausflugloch (z.B. Spalt in Fassade auf der Westseite des 2.Stockes):

.....

.....

.....

Kontrolle

Zwischen Anfang Mai und Ende August bei trockenem und warmem Wetter mind. einmal pro Monat

Datum	Anzahl Tiere beim Ausflug beobachtet (Zahl ins Feld eintragen)	Tiere ausgeflogen, aber Anzahl nicht erfasst (Feld ankreuzen)	Frische Chegeli gefunden, nachdem zuvor gewischt wurde (Feld ankreuzen)	Keine Anzeichen auf Fledermaus-Vorkommen* (Feld ankreuzen)
...._05.2020				
...._05.2020				
...._06.2020				
...._06.2020				
...._07.2020				
...._07.2020				
...._08.2020				
...._08.2020				

Kotproben sammeln und beschriften

Parameter zum Quartier

Höhe (m):

.....

Exposition (N, O, S, W):

.....

Material Fassade: Verputz Holz Beton Glas
Backstein Schiefer Eternit anderes

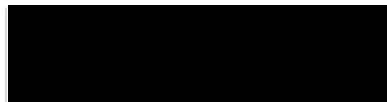
Deckungsgrad von Pflanzen an der Fassade des Quartiers (Vertikalbegrünung)
(%):.....

Quartierumfeld (Was befindet sich im 5 Meter Radius des Quartiers, Mehrfachauswahl möglich):

Einzelbaum Grünfläche Gebäude Beleuchtung versiegelte
Fläche Verkehrsfläche anderes

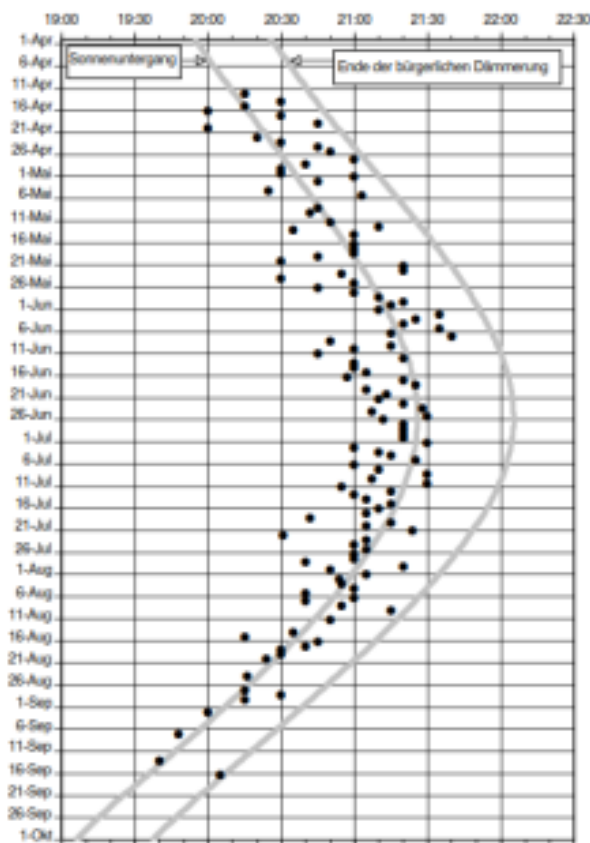
Falls Interesse besteht, bei der bioakustischen Aufnahme dabei zu sein, könnt ihr euch gerne bei mir melden.

E-Mail:



Telefon:

Info Ausflug



Zwergfledermäuse fliegen sehr früh aus, manchmal schon eine halbe Stunde vor Sonnenuntergang, doch meistens bei Sonnenuntergang oder unmittelbar nachher. Je nach Lage des Quartiers findet jedoch der topografische Sonnenuntergang, der die Lichtverhältnisse vor Ort bestimmt, viel früher statt. Besonders in engen Tallagen und an Osthängen fliegen Zwergfledermäuse früher aus als an Westhängen und als im offenen Mittelland.

Sehr effektiv ist die Quartiersuche in den frühen Morgenstunden warmer Nächte (20 Grad Celsius). Dann schwärmen Zwerg-, Weissrand- und Mückenfledermäuse ausgiebig vor dem Quartiereingang.

Mitnehmen: Taschenlampe, Handschuhe oder Tuch, saubere Schachteln/Plastiksack für tote Tiere und/oder Kot, Faltblätter, Protokollblatt, Feldstecher, Kamera

Es wäre ideal, mindestens einen Besuch im pro Monat pro und Quartier zu machen. Die Wahrscheinlichkeit Fledermäuse nachzuweisen steigt damit an. Bei besetzten Quartieren kann man durch mehrere Besuche das Alter Chegeli (Fledermauskot) feststellen. Beim ersten Besuch werden die Chegeli gesammelt und der Rest weggewischt, beim zweiten Besuch wird geschaut, ob frischer Kot angefallen ist oder nicht.

Exakte Beschreibung der Ein- und Ausflugöffnungen und des Hangplatzes:

- Foto digital
- Skizze

Sobald ein Anzeichen auf Fledermäuse gefunden wird, bitte Lukas Schweizer (schwelu2@students.zhaw.ch) informieren, da in diesem Fall bioakustische Aufnahmen durchgeführt werden.

Hier ein gutes Beispiel für eine fotografische Dokumentation.



Südfassade

Abbildung 1: Roter Kreis: Einflugöffnung



Abbildung 2: Roter Kreis > Rolladenkasten mit Quartier von der Terrasse aus im 7. Stock.

Der Rolladen wird nicht mehr bewegt. Rolladenkasten ist von der Wohnung her zugänglich; die Hinterwand ist vom Zimmer her mit Schrauben zugänglich und kann weggenommen werden. Gleich hinter dem Rolladen soll sich eine Art Isolationsmaterial, wie Steinwolle, befinden.

Gelber Kreis > Fenster Nachbar im 6. Stock. J. Barandun hat den Einflug von Fledermäusen beobachtet. Der Rolladen wird bewegt.

Hier ein gutes Beispiel für eine Skizze.



Anhang B

Medienmitteilung



Medienmitteilung vom 17. Juni 2020

Fledermausquartiere in Zürich gesucht

In der Schweiz leben 30 verschiedene Fledermausarten. Rund die Hälfte dieser Arten kann auch in der Stadt Zürich beobachtet werden. Fledermäuse leben heimlich und bleiben von uns Menschen oft unbemerkt, da sie nachtaktiv sind. Das Projekt „Fledermäuse in der Stadt“ will im Rahmen der Meldeplattform stadtwildtiere.ch die Fledermausarten in der Stadt genauer unter die Lupe nehmen.

Heimlicher Untermieter – Fledermausquartier entdeckt?

Fledermäuse finden in der Stadt eine Vielfalt an Unterschlüpfen, die sie als Tages-, Paarungs- oder Winterschlafquartier nutzen. Je nach Art können ihnen selbst kleine Spalten an Fassaden oder Hohlräume in einem Rollladenkasten als Quartier dienen. Oft deuten nur kleine Kotbällchen z.B. auf dem Fenstersims auf die Anwesenheit der unauffälligen Untermieter hin. Im Projekt „Fledermäuse in der Stadt“ werden Fledermausquartiere an Gebäuden gesucht. Haben Sie bei sich zuhause ein solches Quartier entdeckt? Melden Sie uns Fledermausquartiere aus der Stadt Zürich, wir interessieren uns dafür. So können wir herausfinden, wo welche Arten leben und welche Quartiere sie bevorzugen.

Dieses Projekt wird in Zusammenarbeit mit den kantonalen Fledermausschutz-Beauftragten des Kantons Zürich und der Stiftung Fledermausschutz durchgeführt.

Frühmorgens schwärmen die Fledermäuse

Frühmorgens, kurz vor der Morgendämmerung, wenn die Fledermäuse von ihrer nächtlichen Jagd ins Quartier zurückkehren, ist die beste Zeit, um sie zu beobachten. Bevor die Fledermäuse in ihr Quartier einfliegen, kreisen sie meist vor der Einflugöffnung. Oft zeigen mehrere Fledermäuse gleichzeitig dieses Verhalten, das man Schwärmen nennt und verraten uns damit, wo sie wohnen.

Fledermäuse in der Stadt Zürich

Fledermäuse bilden die grösste Säugetierordnung Mitteleuropas. In der Schweiz sind mit 30 Fledermausarten ein Drittel aller einheimischen Säugetierarten Fledermäuse. Für die Stadt Zürich sind 14 Arten nachgewiesen. Aufgrund der nächtlichen und fliegenden Lebensweise ist die Artbestimmung der Fledermäuse schwierig. Hinzu kommt, dass die verschiedenen Fledermausarten ähnlich aussehen und eine Artbestimmung nur möglich ist, wenn man das Tier genauer anschauen kann oder mittels speziellen Tonaufnahmen ihrer Ultraschallrufe.



Fledermäuse und Corona

Eventuell stammt SARS-CoV-2, der Erreger der Covid-Pandemie, ursprünglich von einer asiatischen Fledermausart und wurde über einen Zwischenwirt auf den Menschen übertragen. Mutationen im Virus und enger Kontakt mit diesem Zwischenwirt dürften eine solche Übertragung erst ermöglicht haben. Unsere einheimischen Fledermausarten tragen jedoch kein SARS-CoV-2, wie eine Untersuchung der Uni Zürich zeigte. Wildtiere per se stellen für die Übertragung von Viren meist keine direkte Gefahr für unsere Gesundheit dar. Es sind oft das Fangen, Schlachten, Handeln und Verzehren von Wildtieren in Zusammenhang mit tierschützerisch und hygienisch prekären Verhältnissen, welche die unmittelbare oder direkte Ursache für die Übertragung von Viren darstellen können.

Projekt StadtWildTiere

Das Projekt ruft die Bevölkerung auf, Beobachtungen von Wildtieren aus dem Siedlungsraum auf der Meldeplattform stadtwildtiere.ch zu melden.

Die Meldeplattform stadtwildtiere.ch wurde vom Verein StadtNatur entwickelt. Ergänzend zur Webseite finden lokale Projekte neben Zürich auch in den Städten Bern, Chur, Luzern, St.Gallen, und Winterthur statt. In Zürich wird das Projekt vom Verein StadtNatur Zürich durchgeführt und von Grün Stadt Zürich und Vergabestiftungen unterstützt.

Für Auskünfte:

Anouk Taucher, Wildtierbiologin, Geschäftsstelle Verein StadtNatur, Telefon 044 450 68 09, anouk.taucher@stadtwildtiere.ch

Dr. Sandra Gloor, Wildtierbiologin, Geschäftsstelle Verein StadtNatur, Arbeitsgemeinschaft SWILD, Telefon 079 749 20 21, sandra.gloor@stadtwildtiere.ch

StadtWildTiere, Geschäftsstelle c/o SWILD, Wuhrstrasse 12, 8003 Zürich

info@stadtwildtiere.ch, www.stadtwildtiere.ch

www.facebook.com/stadtwildtiere

In Zusammenarbeit mit:

bat conservation switzerland **stiftungfledermausschutz**
fondation protection chauves-souris **fondazione protezione**
pipistrelli fundaziun proteziun mez mieurs e mez utschels



Fledermausschutz-Bauftragte des Kantons Zürich
Lois Morf & Karin Sali-Widmer
Rosenstr. 11
8400 Winterthur
052 214 26 88
fledermausschutz.zh@gmx.ch



Die Kantonalen Fledermausschutz-Bauftragten der Fachstelle Naturschutz, Amt für Landschaft und Natur, sind Kooperationspartner im Artenschutzprojekt Schweizerische Koordinationsstelle für Fledermausschutz des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

Anhang C

Kot-Analyse



Balgach, October 2020

Order No. 200263_2020073

Version 01

Approved by Jeannette Kast

Species Identification Certificate

Organism Group	Plecotus sp.
Organisation/Customers	Lukas Schweizer Institut Umwelt Natürliche Ressourcen Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) Grüntalstrasse 14 8820 Wädenswil Schweiz
Sample type	
Sample ID	Species
142304 Inselhofstrasse 1	94.9% Pipistrellus kuhlii
142303 Rebbergstrasse 25	85.3% Pipistrellus kuhlii
142302 Grubenstrasse 10	85.1% Pipistrellus kuhlii
142301 Kappenhühweg 5	88.6% Pipistrellus pipistrellus

Comment: The analysis is based on a 16S rRNA fragment amplified and sequenced with the primers MamP007F and MamP007R. The species identification was performed using the identification engine BLAST of the NCBI database (www.ncbi.nlm.nih.gov) and the data base of Ecogenics.

Schützenstrasse 15 • 9436 Balgach, Switzerland • +41 71 726 15 55 • info@ecogenics.ch • www.ecogenics.ch

Anhang D

GIS: Kategorisierung Begriffe Biotopkartierung Stadt Zürich

Tabelle 8: Übersicht wie die Begriffe der Biotopkartierung für die einzelnen Variablen zusammengefasst wurden.

Variable	Versiegelte Fläche	Gebäude	Grünflächen	Landwirtschaft	Gewässer	Wald	Unbekannt
Begriff BTK	befestigt.uebrige	Gebaeude	humusiert.Gartenanlage .Gartenanlage_Hausum schwung	humusiert.Acker _Wiese_Weide	Gewaesser .fliessende s	bestockt.geschlossener _Wald	Keine Angaben
Begriff BTK	befestigt.Verkehrs- insel		humusiert.Gartenanlage .Friedhof		befestigt.W asserbeck en		
Begriff BTK	befestigt.Strasse		humusiert.uebrige				
Begriff BTK	befestigt.Trottoir		humusiert.Intensivkultur				
Begriff BTK	befestigt.Bahn		humusiert.Gartenanlage .Parkanlage				

GIS: Aufbereitung der Daten für GLM

Sämtliche Layer wurden im ArcGIS Pro in das Koordinatensystem des Projekts (CH1903+LV95) projiziert. Aus den Koordinaten der jeweiligen Fledermausquartiere wurde ein Punkt in einem Shapefile generiert. Um jedes Quartier wurde mit dem Werkzeug "Buffer" ein Puffer mit den Radien 25 und 100 Meter erstellt. Die gepufferten Quartiere mit Radien 25 und 100 Meter wurden mit dem Werkzeug "Clip" mit den Layern Beleuchtung und Biotopkartierung der Stadt Zürich verschnitten, um die Anzahl Kandelaber und die Fläche von Gebäude, Grünflächen, Landwirtschaft, Gewässer und Wald um die Fledermausquartiere zu ermitteln. Im Anhang D ist ersichtlich, wie die Begriffe der Biotopkartierung der Stadt Zürich zu den vorher erwähnten Oberbegriffen zusammengefasst wurden. Um die Gemeindefläche der Stadt Zürich wurde wiederum mit dem Werkzeug "Buffer" ein Puffer von 100 Meter generiert. Anschliessend wurde dieser Layer mit dem Layer Wald_Layer_ch mit dem Werkzeug "Clip" verschnitten. Dadurch wurde der Wald-Layer auf die Fläche des Gemeindegebietes (inkl. 100 m Puffer) der Stadt Zürich zugeschnitten. Mit dem Werkzeug "Near" wurde die Distanz des Fledermausquartiers zum nächstgelegenen Wald berechnet. Die Distanz von Fledermausquartieren zum naheliegendsten öffentlichen Oberflächengewässer wurde ebenfalls mit dem Werkzeug "Near" errechnet. Das Raster (BaumhoehenAbs_LIDAR5_50cm_STZH.tif) wurde mit dem Werkzeug "Extract by mask" auf die Grösse der gepufferten Fledermausquartiere (Radius 25 und 100 m) zugeschnitten. Anschliessend wurde mit dem Werkzeug "Int" das Format konvertiert und mit dem Werkzeug "Raster to Polygon" Flächen generiert. Die Flächen der Baumbedeckung wurden zusammengezählt und ergaben die Fläche der Baumbedeckung um die Fledermausquartiere. In der Abbildung 7 sind die einzelnen Vorgehensschritte für die Gebäudequartiere mit einem Puffer von 25 Metern als Workflow visualisiert.

Für die Fledermausquartiere mit einem Puffer von 100 Metern waren die gleichen Schritte notwendig.

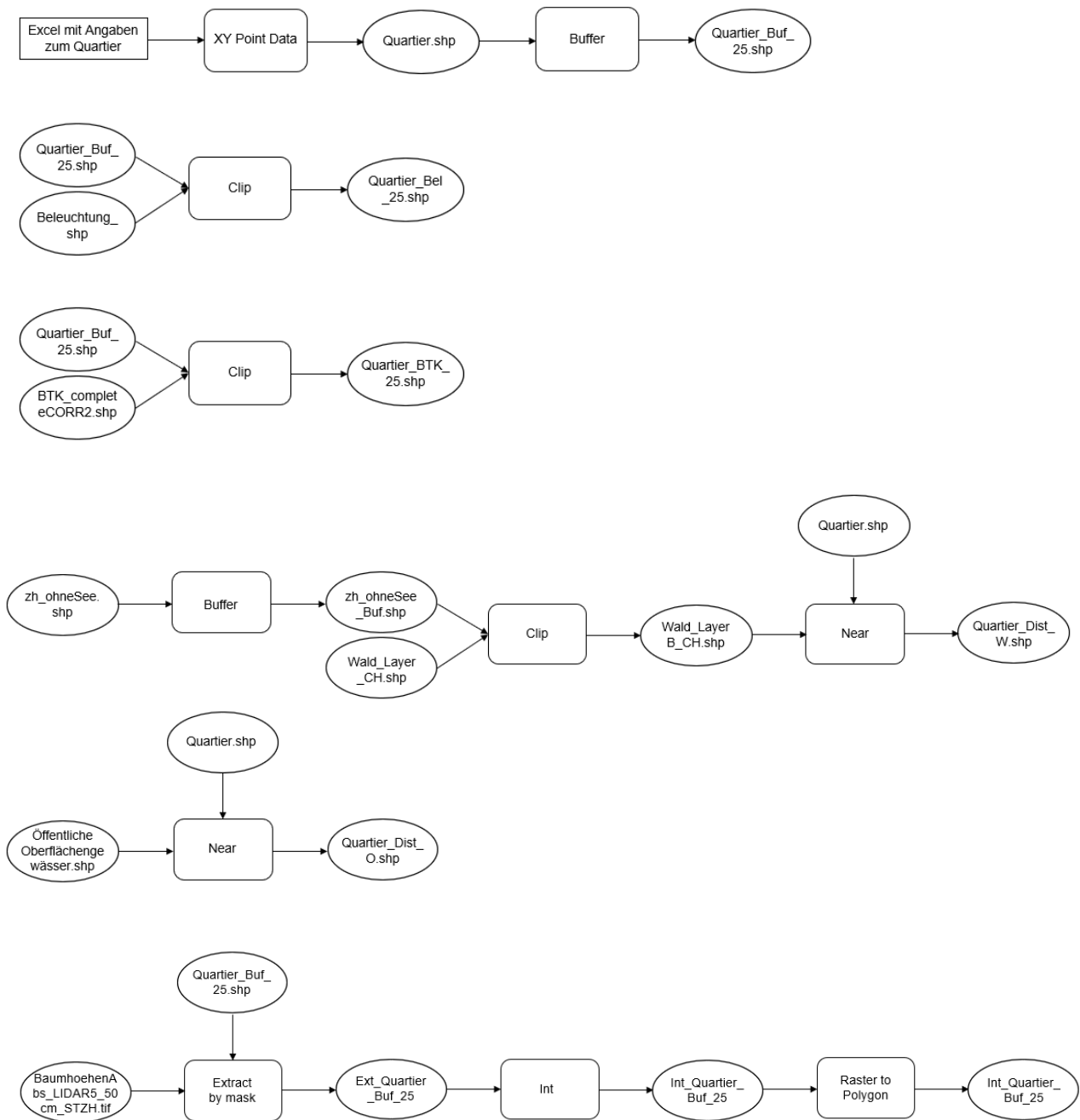


Abbildung 22: Workflow für die Ermittlung der Daten gewisser Variablen.

Anhang F

Plagiatserklärung

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement 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 treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum: Unterschrift:

Winterthur, 30. November 2020

.....

.....



.....

Das Original dieses Formulars ist bei der ZHAW-Version aller abgegebenen Bachelorarbeiten im Anhang mit Original-Unterschriften und -Datum (keine Kopie) einzufügen.

Anhang F

Text Blog-Eintrag

Den Fledermäusen auf der Spur

Im Rahmen eines Projektes von StadtWildTiere Zürich haben wir letztes Jahr untersucht, ob in bekannten Fledermausquartieren an Gebäuden in der Stadt Zürich noch immer Fledermäuse vorkommen. Nur in zwei der 27 kontrollierten Quartieren wohnten Fledermäuse. Zusätzlich wurden vier neue Quartiere von Freiwilligen entdeckt. Um dieses Thema genauer anzuschauen, habe ich im Rahmen meiner Bachelorarbeit eine systematische Suche nach Fledermausquartieren in Zürich durchgeführt. Die Ziele meiner Arbeit waren es, herauszufinden, ob die Quartiere noch existieren und von welchen Fledermausarten sie bewohnt sind.

Autor: Lukas Schweizer

Fledermäuse kennen lernen

Fledermäuse pressen mit hohem Druck Luft über ihre Stimmlippen. Weil die Stimmlippe klein und fest gespannt ist, bildet sie beim Schwingen hohe Frequenzen. Die abgegebenen Rufe erzeugen ein Echo, welches die Fledermäuse zur Orientierung in der Nacht nutzen. Fledermäuse, die heute an Gebäuden leben, wohnten ursprünglich an Bäumen mit abstehenden Borke oder in engen Spalten von Höhlen und Felsen. Alle einheimische Fledermausarten fressen vor allem Insekten und von diesen finden sie im Winter nicht genügend vor. Daher halten die meisten einheimische Fledermäuse einen Winterschlaf. Die wärmeren Tage im Frühjahr führen dazu, dass die Weibchen ihren Eisprung erhalten und die gespeicherten Spermien die Eizelle befruchten. Im Mai versammeln sich den weiblichen Fledermäusen in sogenannten Wochenstuben, um gemeinsam ihre Jungen aufzuziehen.



Abbildung 23 : Die Weissrandfledermaus bewohnt gerne Gebäudequartiere (Bild Stiftung Fledermausschutz).

Nächtliches Rendez-vous

Zusammen mit Freiwilligen habe ich von April bis August 2020 48 Fledermausquartiere in der Stadt Zürich, welche in den vergangenen Jahren beim Fledermausschutz des Kantons Zürichs gemeldet worden sind, überprüft. Dabei habe ich 30 Minuten vor Sonnenuntergang bis eine Stunde nach Sonnenuntergang die Ausflugöffnung des Fledermausquartiers an der Gebäudehülle beobachtet. Flogen Fledermäuse aus dem Quartier habe ich deren Anzahl und die Zeit des Ausfluges notiert. Zusätzlich habe ich mit einem Mikrofon die Rufe aufgenommen. Am Computer konnte ich somit die Rufe anschauen und mit Hilfe einer Expertin die Fledermausart bestimmen.

Der frühe Vogel sieht die Fledermaus

Obwohl viele Fledermausquartiere verlassen waren, sah ich oft in der Umgebung fliegende Fledermäuse. Daher habe ich fortan in den frühen Morgenstunden nach schwärmenden Fledermäusen Ausschau gehalten. Beim sogenannten „Schwärmen“ fliegen die Tiere einer Kolonie wiederholt die Ausflugöffnung des Quartiers an (siehe Video). Dank dieses Verhaltens konnte ich einige neue Quartiere entdecken.



<https://vimeo.com/channels/1598812/429200171>

In 12 der 48 überprüften Quartieren konnte ich Fledermäuse finden. Während den Quartierkontrollen fand ich zudem 45 bisher unbekannte Fledermausquartiere. 18 Quartiere wurden durch Weissrandfledermäuse genutzt und 17 Quartiere nutzen Zwergfledermäuse.

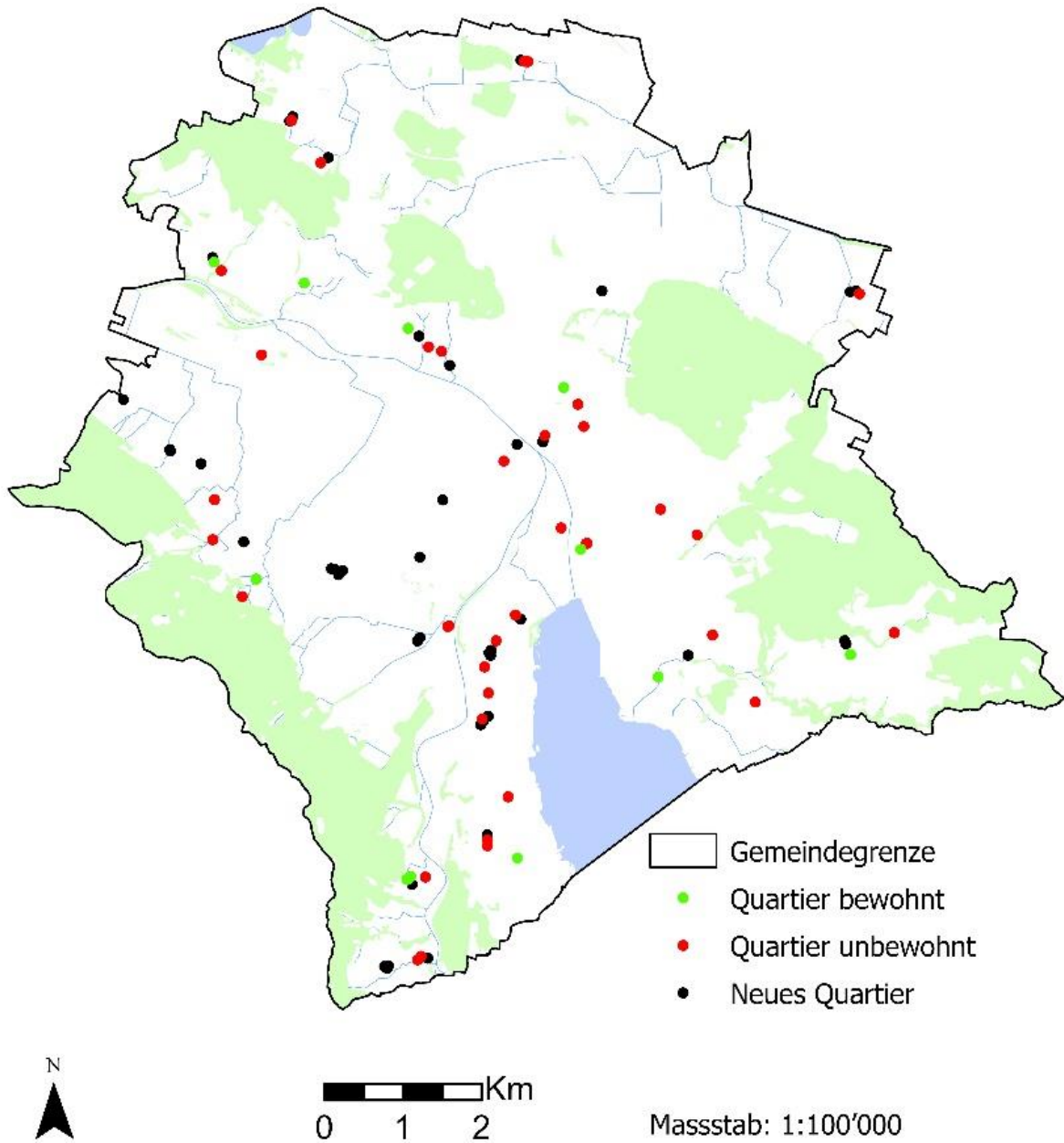


Abbildung 24: Fledermausquartiere: bewohnte Quartiere (grüne Punkte), unbewohnte Quartiere (rote Punkte), neu gefundene Quartiere (schwarze Punkte).

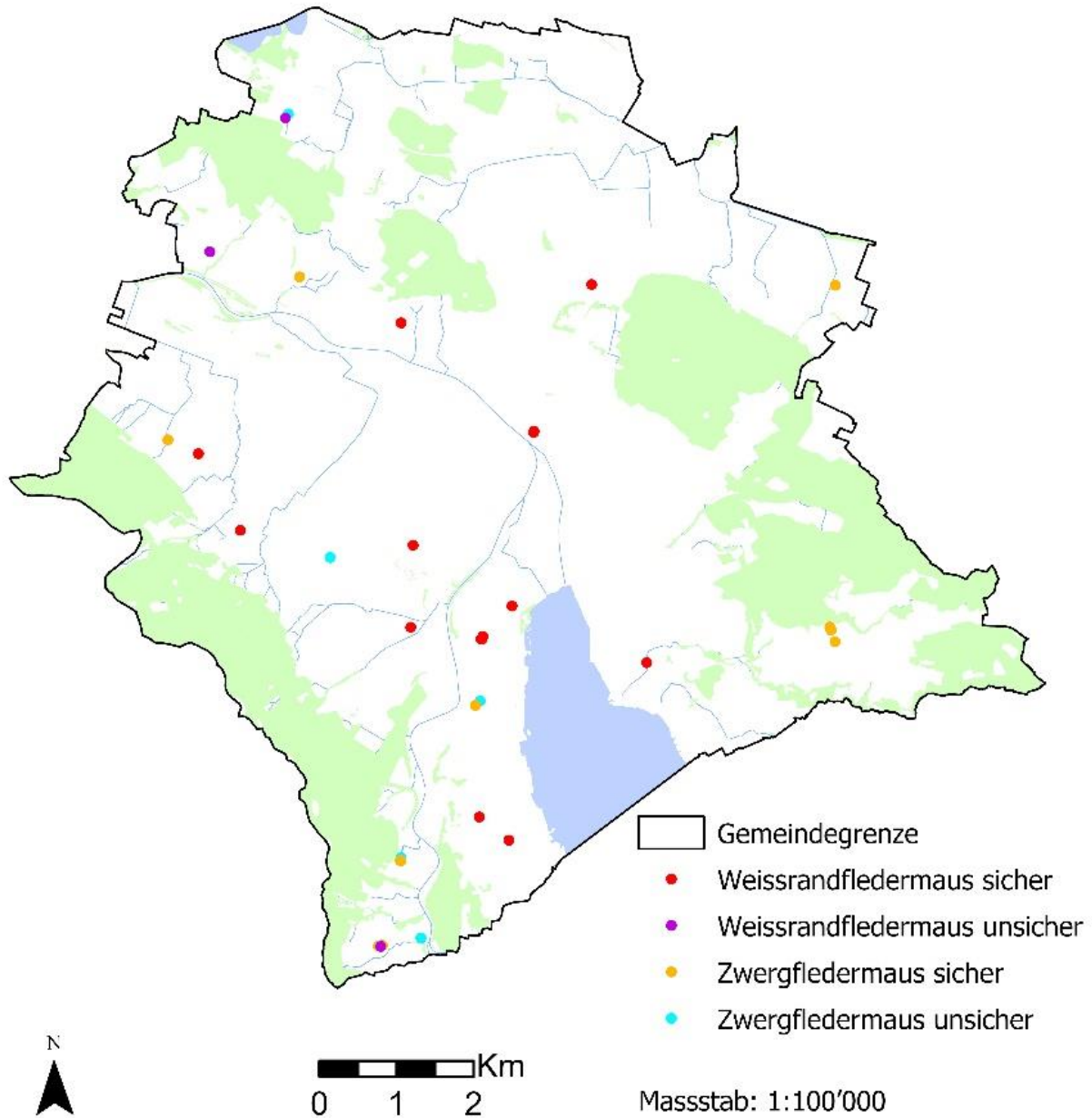


Abbildung 25 : Die roten Punkte kennzeichnen Quartiere der Weissrandfledermaus (*Pipistrellus kuhlii*) und die orangen Punkte sind Quartiere der Zwergfledermaus. Gewisse Quartiere konnten nicht eindeutig einer Art zugeteilt werden (eher Zwergfledermaus = türkise Punkte, eher Weissrandfledermaus = violette Punkte).

Heisse Zukunft für Städte, geht die Zwergfledermaus „baden“?

Die Zwergfledermaus ist die häufigste und zweitkleinste Fledermausart der Schweiz. Die Weissrandfledermaus wandert allmählich aus dem mediterranen Raum bei uns ein. Im Winter 1983 wurde sie erstmals in der Stadt Zürich gesichtet. Sie scheint heute bereits ähnlich häufig vorzukommen wie die Zwergfledermaus. Wahrscheinlich profitiert die Weissrandfledermaus von den wärmeren Temperaturen in den Städten. Wie die Zwergfledermaus nutzt sie verschiedene Spalten an Gebäuden als Quartier zur Jungaufzucht. Die beiden Arten können gemischte Wochenstuben bilden. Es scheint jedoch, dass die Weissrandfledermaus als konkurrenzstärkere Art die Zwergfledermaus aus städtischen Gebieten zu verdrängen mag.

Quellen

- Dietz, C. & Kiefer, A. (2014). Die Fledermäuse Europas kennen, bestimmen, schützen. Stuttgart: Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG.
- Dietz, C., Niel, D. & von Helversen, O. (2007). Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas: Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. Stuttgart: Kosmos.
- Ineichen, S. & Ruckstuhl, M. (2010). Stadtf fauna 600 Tierarten der Stadt Zürich. Bern: Haupt.
- Taucher, A.-L. & Gloor, S. (2019). Fledermäuse in der Stadt - gebäudebewohnende Arten. Ein Projekt zur Untersuchung der Fledermausaktivität in Innenhöfen der Stadt Zürich. Verein StadtNatur, interner Bericht. Verein StadtNatur, c/o SWILD, Wuhrstrasse 12, 8003 Zürich.