STADTWILD TIERE

Das Eichhörnchen als Indikator für die städtische Landschaftsqualität

Zürich, 24. April 2026

Verein StadtNatur, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

STADTWILD TIERE

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Biodiversität und Landschaft, CH-3003 Bern

Auftragnehmer: Anouk Taucher & Dr. Sandra Gloor, Verein StadtNatur, c/o SWILD, Sandstrasse 2, 8003 Zürich, 044 508 10 69

Autorinnen: Anouk Taucher, Dr. Sandra Gloor, Katja Rauchenstein, Julia Schmid, Maajan Richter
Kontakt: anouk.taucher@stadtwildtiere.ch, sandra.gloor@stadtwildtiere.ch

Begleitung BAFU: Dr. Johann Dupuis, Dr. Matthias Stemlow, Dr. Claudine Winter, Aurélie Defago

Hinweis: Diese Studie wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Zitatvorschlag: Taucher A., Gloor S., Rauchenstein K., Schmid J., Richter M. 2026. Das Eichhörnchen als Indikator für die städtische Landschaftsqualität. Schlussbericht. StadtWildTiere. 45 Seiten. Im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU).

Dank: Wir bedanken uns ganz herzlich bei Dr. Fabio Bontadina sowie beim Projektbegleitteam des BAFUs für die wertvolle Unterstützung im Projekt.

STADTWILD TIERE

Inhalt

Zusammenfassung **4**

1. Einleitung **6**

1.1 Eichhörnchen – flinke Kletterer in den Bäumen der Stadt 6
1.2 Stadtbäume als wichtiger Bestandteil der ökologischen Infrastruktur 7
1.3 Eichhörnchen als Leitart für die städtische Biodiversität 8

2. Ziele **9**

3. Modul A: Eichhörnchen u. Biodiversität: Funktionelle Ansprüche an urbanen Lebensraum **10**

3.1 Internationale Literaturrecherche 10
3.2 Hypothesen 13
3.3 Fazit aus Modul A: 19

4. Modul B&C: Vernetzungsmodell für Eichhörnchen im Siedlungsraum und ein Analysetool für die ökologische Vernetzung in Schweizer Städten **20**

4.1 Auswahl der Städte 20
4.2 Berechnung der Habitateignungsmodelle 22
4.3 Berechnung der Vernetzungsmodelle 24
4.3 Vernetzungsmodelle für 20 Schweizer Städte 27
4.4 Fazit aus den Modulen A, B&C 33

5. Webinar mit Vertreter:innen der 20 Städte und 3 Kantone der Pilotstädte **36**

6. Zeitplan und Etappenziele **37**

6.1 Etappenziele 37

7. Literaturverzeichnis **41**

8. Anhang **44**

A1 Öffentlich zugängliche Datenquellen 44
A2: Citizen Science-Projekte «Eichhörnchen erforschen» der Meldeplattform StadtWildTiere 46

STADTWILD TIERE

Zusammenfassung

Einleitung und Ziele: Das Projekt untersuchte im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU), ob das Eichhörnchen *Sciurus vulgaris* als geeignete Leitart für die städtische Landschaftsqualität eingesetzt werden kann. Eichhörnchen sind typische Waldbewohner, die auch in baumreichen Stadtvierteln vorkommen, sind jedoch besonders anfällig für Lebensraumfragmentierung, da sie primär die Baumkronen zur Fortbewegung nutzen und ungern weite Strecken auf dem Boden zurücklegen. Stadtbäume stellen eine Schlüsselrolle für die Biodiversität dar, indem sie Lebensraum, Nahrung und Vernetzungselemente bieten.

Die Ziele des Projekts umfassten das Testen von Hypothesen zu den Lebensraumansprüchen des Eichhörnchens (Modul A), die Identifizierung des Zustands der Vernetzungskorridore und die Entwicklung einer digitalen Planungsgrundlage in Form von Vernetzungsmodellen für 20 grosse Schweizer Städte (Module B&C).

Modul A: Funktionelle Ansprüche und Eignung als Leitart: Die Auswertungen von Literatur und Daten aus Citizen-Science-Projekten in Zürich, St.Gallen und Luzern zeigten, dass das Vorkommen von Eichhörnchen im Siedlungsraum stark an baumreiche, strukturierte und wenig versiegelte Bereiche gebunden ist. Schlüsselfaktoren sind eine hohe Anzahl grosser, alter Bäume, eine hohe Baumartenvielfalt sowie grosse Kronenflächen und -volumina. Diese Bedingungen gewährleisten ein ganzjährig verfügbares Nahrungsangebot und ermöglichen eine sichere Fortbewegung zwischen den Baumkronen. Das Vorkommen der Eichhörnchen korreliert zudem signifikant negativ mit dem Anteil versiegelter Flächen, da unversiegelter Boden essenziell für das Anlegen von Futterverstecken ist. Die formulierten Hypothesen 1 bis 5 konnten alle bestätigt werden, wobei insbesondere die Präsenz von Eichhörnchen signifikant positiv mit der Artenzahl von 18 ausgewählten, baumgebundenen Vogelarten korrelierte. Gebiete, die für Eichhörnchen geeignet sind, weisen im Mittel rund 31 % höhere Artenzahlen dieser Vögel auf. Dies bestätigt, dass das Eichhörnchen als Indikatorart für die urbane Landschaftsqualität und Artenvielfalt dienen kann.

Module B & C: Methodik der Habitateignungs- und Vernetzungsmodelle: Für die 20 ausgewählten Städte wurden Habitateignungsmodelle (HSM) berechnet, die als Grundlage für die Vernetzungsmodelle dienten. Die Modelle basierten auf verschiedenen öffentlich verfügbaren Umweltvariabeln (u.a. Anteil Laubbäume, Vegetationshöhe, Distanz zu Bahnschienen, unversiegelte Flächen). Es wurden neun verschiedene Algorithmen (einfaches GLM, komplexes GLM und Random Forest) verwendet, wobei Präsenzdaten von Meldeplattformen (stadtwildtiere.ch und wildenachbarn.ch) mit zwei Methoden zur Generierung von Pseudoabsenzen kombiniert wurden. Die aggregierten HSMs wurden zur Berechnung von Widerstandskarten verwendet (Widerstandskarte = 1 – Habitateignungskarte). Für die Vernetzungsmodelle wurden Wälder (> 1 ha) als Ausgangspunkte und geeignete städtische Lebensräume als Zielpunkte festgelegt. Barrieren in der Least-Cost-Path-Berechnung waren oberirdische Autobahnen, Gewässer (Widerstand 100) und Bahnlinien (Widerstand 50).

Ergebnisse der Vernetzungsmodelle: Die Vernetzungsmodelle, die für alle 20 Städte berechnet wurden, zeigen, welche Lebensräume für Eichhörnchen erreichbar sind und wo bedeutende Korridore liegen. Die Ergebnisse sind je nach Stadtstruktur sehr unterschiedlich; so wurden in Basel und Thun aufgrund weniger Waldflächen und/oder fehlender geeigneter städtischer Lebensräume kaum Vernetzungslinien modelliert. Die grössten Barrieren für Eichhörnchen sind oberirdische Autobahnen, Bahngeleise und Gewässer. Die Modelle zeigen, dass Eichhörnchen an vielen Orten Brücken nutzen, um Gewässer zu umgehen, wie das Beispiel in Aarau verdeutlicht. Ein Vergleich in St.Gallen zeigte, dass die modellierten Vernetzungskorridore gut mit den Achsen des Richtplans übereinstimmen, jedoch wurden Lücken in landwirtschaftlichen Gebieten identifiziert, wo die notwendige Vegetation für eine sichere Fortbewegung fehlt.

Schlussfolgerungen und Anwendung in der Praxis: Die Resultate bestätigen, dass das Eichhörnchen als Leitart für eine hohe Biodiversität und insbesondere für baumgebundene Arten wie verschiedene Vögel dienen kann. Die daraus abgeleitete Vernetzungsplanung bietet somit vielen baumgebundenen Arten Vorteile. Die erstellten Habitateignungs- und Vernetzungskarten stellen eine solide digitale Planungsgrundlage dar, die Hotspots, Defizite und Barrieren aufzeigen kann, ersetzen jedoch keine Begutachtung vor Ort. Ein grosses Vernetzungspotential liegt in Landwirtschaftsflächen, da offene, baumlose Gebiete von Eichhörnchen gemieden werden; hier könnten gezielte Pflanzungen von Hecken und Baumreihen Korridore schaffen und aufwerten. Die GIS-Layer der Modelle sowie die zugrunde liegenden Umweltvariabeln werden dem BAFU und den 20 Städten zur Nutzung in Planungsprozessen zur Verfügung gestellt. Es ist zu beachten, dass für bodengebundene Arten wie Igel, Amphibien oder Reptilien eigene Habitateignungsmodelle und Vernetzungskarten erstellt werden müssten, da diese andere Lebensraumansprüche haben. Damit liegen erstmals ein fundiertes methodisches Vorgehen und digitale Berechnungsgrundlagen vor, die es ermöglichen, das Eichhörnchen als Leitart für die ökologische Infrastruktur und die Vernetzungsplanung von baumgebundenen Arten in den Siedlungsräumen zu nutzen.

1. Einleitung

1.1 Eichhörnchen – flinke Kletterer in den Bäumen der Stadt

Eichhörnchen (*Sciurus vulgaris*) sind typische Waldbewohner, kommen aber auch im Siedlungsgebiet in baumreichen Stadtvierteln vor. Sie leben dort, wo es alte, ausgedehnte und vielfältige Baumbestände gibt (Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie (SGW) (Graf R. & Fischer C.), 2021). Eichhörnchen können sich gut an städtische Gebiete anpassen. Sie nutzen in Siedlungsgebieten auch städtische Strukturen (z.B. Gebäude) als Teil ihres Lebensraums (Hämäläinen et al., 2018b, Abb. 2). Städtische Eichhörnchen haben zudem eine kürzere Fluchtdistanz als Eichhörnchen, die in ländlichen Gebieten leben, was zeigt, dass sie sich an die Präsenz des Menschen gewöhnt haben (Uchida et al., 2016). In Städten können Eichhörnchen zudem höhere Dichten erreichen als in Wäldern (Kopij, 2014).

Abb. 1: In städtischen Gebieten sind Eichhörnchen oft in Parkanlagen oder durchgrünten Wohnvierteln anzutreffen. © Judith Niggli / stadtwildtiere.ch

Untersuchungen aus Turku, Finnland, haben gezeigt, dass Eichhörnchen aus städtischen und angrenzenden ländlichen Gebieten Teil derselben grösseren Population waren, mit Genfluss innerhalb der Stadt und zwischen der Stadt und den angrenzenden ländlichen Gebieten. Allerdings ging die Verstädterung mit einer erhöhten genetischen Differenzierung einher, was darauf hindeutet, dass städtische und ländliche Individuen genetisch unterschiedlich sind (Selonen et al., 2018). Eine Vernetzung zwischen städtischen und ländlichen Eichhörnchenpopulationen sowie zwischen einzelnen Teilpopulationen innerhalb von Städten und ländlichen Gebieten kann für ein langfristiges Überleben einer Population wichtig sein.

Die bauliche Verdichtung von Städten führt nicht nur zu einer Abnahme der Grünflächen, sondern auch zu einer zunehmenden Fragmentierung der Grün- und Freiräume. Das Eichhörnchen ist

besonders anfällig auf Lebensraumfragmentierung (Koprowski, 2005), denn Eichhörnchen bewegen sich primär auf den Bäumen und von Baumkrone zu Baumkrone fort, und legen nur ungern längere Strecken auf dem Boden zurück. Obwohl Eichhörnchen während der Dispersionszeit selbst grosse Strassen überqueren können, bedeuten Strassen, besonders viel befahrene Strassen, ein grosses Risiko für Eichhörnchen und sind deshalb direkte und indirekte Barrieren für den Eichhörnchen-Lebensraum in der Stadt (Fey et al., 2016).

Abb. 2: Eichhörnchen nutzen in der Stadt auch städtische Strukturen zur Fortbewegung.

1.2 Stadtbäume als wichtiger Bestandteil der ökologischen Infrastruktur

Stadtbäume spielen eine Schlüsselrolle für die Biodiversität des Siedlungsraums wie zahlreiche internationale Studien belegen (Fontana et al., 2011; Obrist et al., 2012; Baldock et al., 2015; Threlfall et al., 2016; O'Sullivan et al., 2017; Wood and Esaian, 2020). Keine andere Pflanzenform ist so vielfältig wie der Baum und bietet so unterschiedliche ökologische Nischen und erschliessen die dritte Dimension, womit für einen grossen Teil der Stadtfauna (Vögel, Fledermäuse, Insekten, teilweise Kleinsäuger) neuer verfügbarer Lebensraum geschaffen wird (Gloor and Göldi Hofbauer, 2018). Bäume im Siedlungsgebiet bieten nicht nur einer Vielzahl von Organismen Nahrungsgrundlage und Lebensraum, sondern dienen auch als Vernetzungselement zwischen Lebensräumen, als Leitstruktur und Schutz- und Rückzugsort (Salmond et al., 2016; Böll et al., 2019; Campbell-Arvai, 2019).

Es liegt auf der Hand, dass aus ökologischer Sicht nicht jeder Baum die gleiche Bedeutung für den Siedlungsraum hat, überraschend ist jedoch die Bandbreite der Unterschiede. Eine Vielzahl von Faktoren bestimmt den ökologischen Wert eines Stadtbaumes: Art und Sorte des Baumes,

Standort, Wurzelraumvolumen, Alter und Gesundheitszustand, Kronenvolumen, Schnitt und Pflege etc. Beispielsweise spielt eine einheimische Eiche (*Quercus sp.*) eine ungleich grössere Rolle für die Biodiversität als ein Ginkgo (*Ginkgo biloba*) (Gloor et al., 2021).

1.3 Eichhörnchen als Leitart für die städtische Biodiversität

Aufgrund der Lebensraumansprüche des Eichhörnchens formulierten wir die Hypothese, dass das Eichhörnchen eine geeignete Leitart ist für verschiedene funktionelle Beziehungen zum städtischen Lebensraum bzw. für verschiedene Lebensraumansprüche an den städtischen Lebensraum darstellt. Dies bedeutet, dass das Eichhörnchen besonders charakteristisch ist für diesen Lebensraumtyp und bestimmte Lebensraumansprüche für andere Arten repräsentieren kann. Wir stellten daher folgende Hypothesen auf:

1. Aufgrund seiner starken Abhängigkeit von einer grossen Vielfalt an Nahrungsquellen im Streifgebiet erwarten wir, dass das Eichhörnchen eine gute Leitart für weitere Arten ist, die auf ein breites Nahrungsspektrum im Laufe des Jahres und über mehrere Jahre hinweg angewiesen sind (z.B. Nagetiere, Vögel). Daher erwarten wir, dass die Eichhörnchenpräsenz mit vielfältigen Baumbeständen korreliert.
2. Um den Wintervorrat im Boden vergraben zu können, sind Eichhörnchen auf unversiegelten Boden im Streifgebiet angewiesen. Damit eignet sich das Eichhörnchen als Leitart für andere Arten, die unversiegelte Böden benötigen (z.B. Wildbienen, diverse Säugetierarten, Tagfalter).
3. Bei Störungen ziehen sich Eichhörnchen in die Sicherheit der Bäume oder in die Sicherheit ihres Nests, des sogenannten Kobels, zurück. Diese Sicherheit finden sie vor allem in alten Bäumen mit dichten Baumkronen, wo Kobel angelegt werden können oder wo Baumhöhlen als Verstecke zur Verfügung stehen. Damit erwarten wir, dass Eichhörnchen eine gute Leitart sind für Wildtierarten, die alte Bäume mit dichten Kronen und Baumhöhlen als Rückzugsorte oder Lebensraum benötigen (z.B. Fledermäuse, Vögel, Käfer, einige Säugetierarten).
4. Darüber hinaus eignet sich das Eichhörnchen besonders gut als Leitart für die Kommunikation, da es als charismatische Wildtierart bei der städtischen Bevölkerung auf viel Sympathie stösst und sich daher gut eignet, um Massnahmen zur Erhaltung und Förderung der ökologischen Infrastruktur der Bevölkerung zu vermitteln. Eichhörnchen sind zudem weit verbreitet, was für eine Leitart von Vorteil ist.

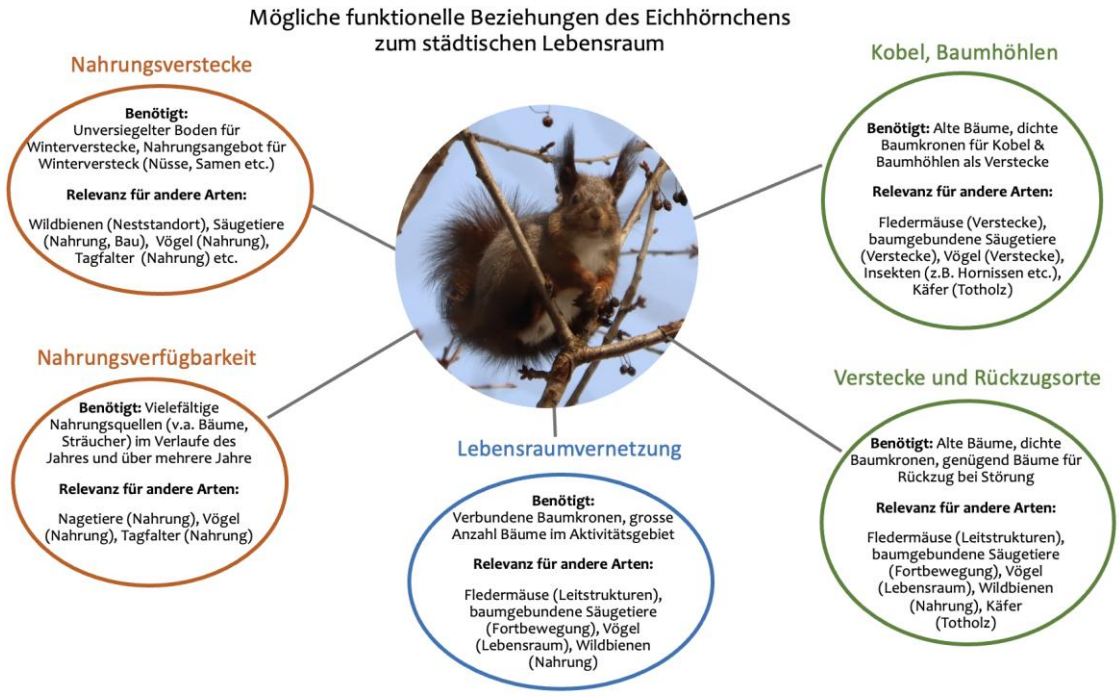


Abb. 3: Mögliche funktionelle Beziehungen des Eichhörnchens im städtischen Lebensraum.

2. Ziele

Mit vorliegendem Projekt wollten wir untersuchen, ob Eichhörnchen sich als Indikatorart für verschiedene Aspekte der funktionellen Beziehung zum städtischen Lebensraum für Wildtiere eignen. Dabei verfolgten wir insbesondere die folgenden Ziele:

1. Testen der Hypothesen, welche Lebensraumansprüche und Lebensraumfunktionen das Eichhörnchen als Leitart repräsentiert (z.B. Nahrungsansprüche, Vernetzung etc.)
2. Identifizieren des Zustands der Vernetzungskorridore für das Eichhörnchen: In welchem Umfang muss die ökologische Vernetzung in der Stadt gegeben/intakt sein, dass Eichhörnchen einen Lebensraum finden, sich ausbreiten und Individuen über ein grösseres Gebiet miteinander im Austausch stehen können?
3. Entwicklung eines Vernetzungsmodells aufgrund bestehender Daten aus den drei Städten Luzern, St.Gallen und Zürich, welches wichtige Stellen der ökologischen Infrastruktur für baumbewohnende/strukturabhängige Arten identifiziert und Lücken aufzeigt.
4. Anwendung des Vernetzungsmodelles auf 20 grosse Schweizer Städte und Erstellung einer Planungsgrundlage für die Beurteilung der ökologischen Infrastruktur im städtischen Raum, welche den Städten zur Verfügung gestellt werden kann.

3. Modul A: Eichhörnchen und Biodiversität: Funktionelle Ansprüche an den urbanen Lebensraum

3.1 Internationale Literaturrecherche

Für das Modul A haben wir in einem ersten Schritt eine internationale Literaturrecherche zu den Lebensraumansprüchen von Eichhörnchen und zu den im Voraus formulierten Hypothesen durchgeführt und die Kernaussagen zusammengefasst. Darauf aufbauend haben wir diese Hypothesen überarbeitet und angepasst.

Zusammenfassung der Literaturrecherche

Für die Eichhörnchen als **typische Waldbewohner** sind Bäume auch im Siedlungsraum das zentrale Lebensraumelement. Jedoch ist nicht jeder Einzelbaum oder jede Baumgruppe für Eichhörnchen gleich wertvoll: sowohl die Baumart, die Baumartenvielfalt, die Anzahl, das Alter als auch die Dichte der Bäume im Gebiet spielen gemäss aktueller Literatur eine wichtige Rolle.

Studien aus Skandinavien, Grossbritannien und Italien zeigten beispielsweise, dass insbesondere das Vorkommen von gewissen Nadelbaumarten wie z.B. **Föhren und Fichten**, aber auch Laubbaumarten wie **Eichen, Walnussbäume oder Buchen in Wäldern wichtige Prädiktoren** für die Eichhörnchenpräsenz und Abundanz sein können (Wauters et al., 2002; Rima et al., 2010; Jokimäki et al., 2017; Shannon et al., 2023). Diese Baumarten bieten Eichhörnchen wertvolle Nahrungsressourcen wie fressbare Samen, Blüten, Triebe, Knospen, Früchte und Nüsse. Jokimäki et al. (2017) fanden etwa in ihrer Studie heraus, dass die Abundanz von Eichhörnchen mit dem Angebot von Fichtenzapfen (*Picea abies*) zunahm. Sie kamen zum Schluss, dass eine Zunahme des Fichtenanteils im Siedlungsgebiet die Nahrungsverfügbarkeit und die Versteckmöglichkeiten für Eichhörnchen erhöht. Eine Studie aus Grossbritannien kam zum Resultat, dass in Wäldern mit einem höheren Anteil an Föhren (*Pinus sylvestris*) mehr Eichhörnchen leben als in solchen ohne diese Baumart (Shannon et al., 2023). Eine Untersuchung aus Zürich zeigte, dass das Eichhörnchenvorkommen nicht signifikant mit dem Vorkommen von nusstragenden Bäumen korrelierte (Baschung, 2019). Wir interpretieren dies so, dass das Vorkommen dieser Baumarten alleine nicht die Präsenz der Eichhörnchen erklärt und vermuten, dass die Vielfalt an nuss- und zapfentragenden Baumarten entscheidend ist.

Mehrere Untersuchungen zeigten zudem, dass **in urbanen Grünräumen oder Wäldern mit artenreichem und altem Baumbestand die Präsenz von Eichhörnchen** wahrscheinlicher und je nach Untersuchung auch die Dichte der Eichhörnchen höher ist (Verbeylen et al., 2003; Babińska-Werka and Żółw, 2008; Rima et al., 2010; Flaherty et al., 2012; Reher et al., 2016, p. 201; Shannon et al., 2023). Das **Eichhörnchen nutzt ein breites Nahrungsspektrum** (Bosch and Lurz, 2011; Krauze-Gryz and Gryz, 2015). Da die einzelnen Futterquellen des Eichhörnchens im Verlauf des Jahres und zwischen den Jahren stark schwanken können, benötigen sie im Laufe des Jahres **eine grosse Vielfalt an unterschiedlichen Futterquellen** wie beispielsweise Knospen, Triebe, Früchte, Beeren, Nüsse, Samen von unterschiedlichen Baum- und Straucharten. In Mastjahren von Buchennüsschen

macht etwa diese Nahrungsquelle zeitweise einen grossen Anteil der Nahrung der Eichhörnchen aus. Zu anderen Zeiten und in „Nicht-Mastjahren" sind andere Nahrungsquellen wichtig. Entsprechend können vielfältigere Baumbestände den Nahrungsbedarf der Eichhörnchen über das Jahr besser sicherstellen, als solche mit nur einzelnen Baumarten. Ausserdem bieten alte Bäume zum einen ein reichhaltigeres Nahrungsangebot als junge Bäume und zum anderen dichtere und höhere Baumkronen, in denen die Eichhörnchen sichere Nester bauen oder sich bei Gefahr verstecken können.

Weitere Faktoren, die das Vorkommen der Eichhörnchen mitbeeinflussen könnten, sind die **Baumdichte sowie der Kronenschlussgrad** (Flaherty et al., 2012; Hämäläinen et al., 2018a; Shannon et al., 2023). So fanden Flaherty et al. (2012) in einer Untersuchung in Schottland heraus, dass die Waldstruktur, insbesondere aber der **Kronenschlussgrad und die Baumdichte relevante Prädikatoren** für die Präsenz von Eichhörnchen sind. In einer weiteren Studie in Grossbritannien wurde ebenfalls eine Korrelation zwischen der Anzahl Eichhörnchen und dem Kronenschlussgrad festgestellt: In Waldstücken mit einer relativ geschlossenen Kronendecke wurden deutlich mehr Eichhörnchen gefangen als in anderen Waldstücken mit offener Struktur (Shannon et al., 2023). Um sich von Baum zu Baum zu bewegen, sind nahe beieinanderstehende Bäume mit sich berührenden Kronen ideal. So können Eichhörnchen vermeiden, grössere Distanzen auf dem Boden zurückzulegen. Zudem können sich die Eichhörnchen unter einem geschlossenen Kronendach besser vor Feinden aus der Luft verstecken.

Als weitere Schlüsselvariable für das Vorkommen von Eichhörnchen im Siedlungsraum wurde in der Fachliteratur mehrfach **die Grösse von Grünflächen** erwähnt (Verbeylen et al., 2003; Babińska-Werka and Żółw, 2008). In grösseren Parkanlagen ist das Vorkommen von Eichhörnchen wahrscheinlicher. So fanden Verbeylen et al. (2003), dass die Grösse des Lebensraums zusammen mit der Lebensraumqualität ein zentraler erklärender Faktor für die Präsenz von Eichhörnchen im Siedlungsgebiet ist. Zudem waren Eichhörnchen in grösseren und qualitativ besseren Habitaten dauerhafter präsent als in kleineren Grünflächen. Auch eine Studie aus Polen kam zu einem ähnlichen Schluss und fand eine **positive Korrelation zwischen der Grösse der Stadtparks** und der Zahl gezählter Eichhörnchen pro Fläche (Babińska-Werka and Żółw, 2008). Dies entspricht der Inseltheorie, wonach die Habitatinselgrösse, in diesem Fall die Fläche der Parkanlagen, und deren Vernetzung die Hauptfaktoren für die ökologischen Parameter der Landschaft sind (Prevedello and Vieira, 2010).

Abb. 4: Verschiedene Tierarten sind auf Bäume und Sträucher für die Fortbewegung in der Stadt angewiesen, zum Beispiel die Haselmaus. © Frédéric Jaquire / nosvoisinssauvages.ch

Ob der Anteil der versiegelten Fläche eine weitere wichtige Variable für das Vorkommen bzw. das Fehlen von Eichhörnchen ist, konnten wir jedoch aufgrund fehlender Studien nicht klären.

Kaum erforscht ist auch, ob Eichhörnchen oder die oben identifizierten Schlüsselvariablen, die seine Präsenz erklären mit der Präsenz von ausgewählten Wildtierarten des Siedlungsraums oder der Vielfalt von anderen Gruppen von Nagetieren, Vögeln oder Insekten korrelieren. In einer Studie aus den USA kamen Forschende zum Schluss, dass die Präsenz des Amerikanischen Roten Eichhörnchen (*Tamiasciurus hudsonicus*) positiv mit der Abundanz von einzelnen Vogelarten und gewissen grösseren Säugetieren korrelierte (Posthumus et al., 2015). Grund dafür war die Ressourcenkonzentration von Futterdepots, die Eichhörnchen anlegen und andere Tiere direkt oder indirekt nutzen können. Eine Studie aus England kam basierend auf mathematischen Modellen zum Schluss, dass eine hohe Dichte an Feldmäusen mit der Dichte der Eichhörnchen zusammenhängt (Slade et al., 2022). Dort sind Feldmäuse die Hauptnahrung von Baummardern. Sind Feldmäuse zyklisch in hoher Dichte vorhanden, nimmt der Jagddruck der Baummarder auf die Eichhörnchen temporär messbar ab.

3.2 Hypothesen

Aufgrund der Literaturrecherche wurden die vier ursprünglichen Hypothesen (s. 1.3 Eichhörnchen als Leitart für die städtische Biodiversität) überarbeitet und mit weiteren Hypothesen ergänzt, um sie im nächsten Schritt mit den Daten aus den bestehenden Inventaren und Projekten der Meldeplattform StadtWildTiere zu überprüfen.

Als Grundlage dienten Daten aus den **Citizen Science-Projekten «Eichhörnchen erforschen»** von StadtWildTiere aus den drei Städten Zürich (2018), St.Gallen (2020) und Luzern (2020). In den Projekten kartierten Freiwillige vorgegebene kreisrunde Flächen (Radius = 35m) und nahmen die Baumartenvielfalt, die Anzahl Bäume, die Anzahl Haselsträucher sowie weitere Umgebungsvariablen auf. Nachweise zu Präsenz und Absenz von Eichhörnchen in den Untersuchungsgebieten und der näheren Umgebung wurden in den einzelnen Projekten erhoben. Diese konnten dann zusammen mit neueren Nachweisen aus der Meldeplattform StadtWildTiere verwenden werden. Weiter wurde qualitativ geprüft, ob die Untersuchungsgebiete mit Absenzen für die Eichhörnchen grundsätzlich erreichbar wären. Hierzu wurde anhand von Orthofotos der Untersuchungsgebiete und der Umgebung evaluiert, ob genügend Grünstrukturen von Wald, Parkanlagen und anderen Grünräumen zu den Gebieten führten und ob grössere Barrieren wie mehrspurige Strassen, Flüsse, usw. dazwischen lagen (Angaben zur Validierung der Eichhörnchen-Beobachtungen und Präsenz- und Absenz-Daten von Eichhörnchen der StadtWildTiere-Projekte in Anhang 2, S. 45).

Folgende Hypothesen wurden für die Städte Zürich, St.Gallen und Luzern explorativ getestet:

1. **H1: Das Eichhörnchenvorkommen korreliert positiv mit der Anzahl Bäume im Gebiet.**
   Eichhörnchen kommen im Siedlungsraum in baumreichen Gebieten vor. Daher nehmen wir an, dass Eichhörnchen eher in Gebieten anzutreffen sind, wo viele Bäume vorhanden sind. Um diese Hypothese zu testen, wurden Daten aus dem Projekt «Eichhörnchen erforschen» der Beobachtungsmeldeplattform StadtWildTiere sowie Beobachtungsmeldungen von StadtWildTiere und Info Fauna aus Zürich, St.Gallen und Luzern verwendet.

   Resultat: Die Auswertungen zeigten eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Vorkommen von Eichhörnchen und der Anzahl grosser Bäume (Stammumfang > 0.8 m) in den Untersuchungsflächen (p-Wert < 0.01). Damit konnte Hypothese 1 bestätigt werden: Die Wahrscheinlichkeit, Eichhörnchen in baumreichen Siedlungsgebieten anzutreffen, war deutlich höher als in Gebieten mit wenigen Bäumen (Abb. 5). Ab einer prognostizierten Anzahl von 8.5 Bäumen im Untersuchungsgebiet (95 %-CI: 7.7–9.3 Bäume) lag die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Eichhörnchen bei über 50 %. Ab einer Anzahl von 16.6 Bäumen im Untersuchungsgebiet (95%-CI: 14.9-18.4 Bäume) gab es eine 75%-Wahrscheinlichkeit, dass Eichhörnchen im Gebiet vorkommen (Abb. 6). Dies entspricht einer Dichte von rund 22 respektive 43 Bäumen pro Hektare.

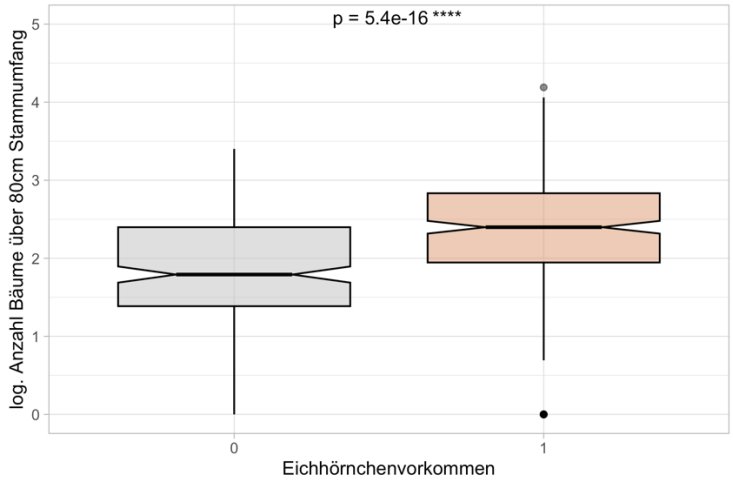


Abb. 5: Die Präsenz von Eichhörnchen ist signifikant höher in Gebieten mit einer grösseren Anzahl grossen Bäumen.

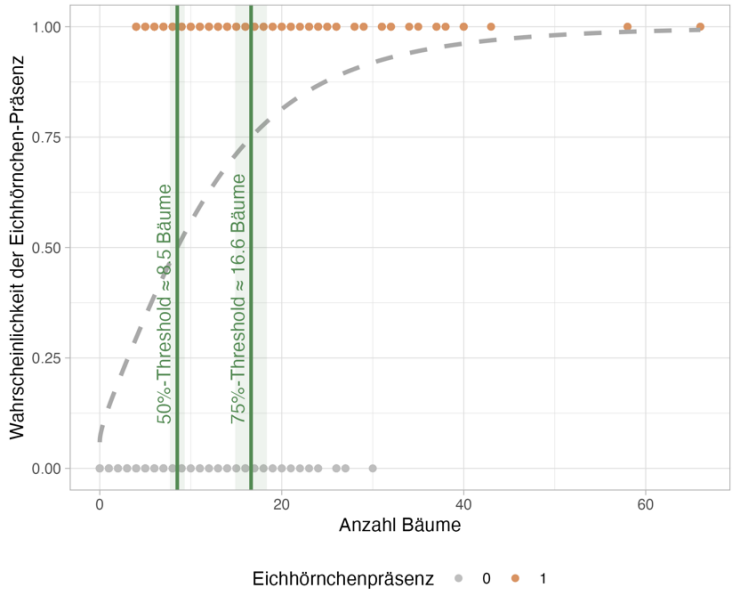


Abb. 6: Die Wahrscheinlichkeit, dass Eichhörnchen im Gebiet vorkommen, steigt mit der Anzahl grosser Bäume im Gebiet an.

2. **H2: Das Eichhörnchenvorkommen korreliert positiv mit der Vielfalt von Baumarten im Gebiet.**

   Eichhörnchen benötigen über das Jahr hinweg verschiedene Nahrungsquellen. Vielfältige Baumbestände können den Nahrungsbedarf der Eichhörnchen besser abdecken. Daraus lässt sich die Hypothese ableiten, dass Eichhörnchen eher in Gebieten mit vielfältigem Baumbestand vorkommen als in Gebieten mit einer tiefen Baumartendiversität. Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden Beobachtungsdaten der Meldeplattform sowie Daten aus den Eichhörnchenprojekten von StadtWildTiere aus Zürich, St.Gallen und Luzern verwendet.

   Resultat: Die Daten zeigten eine signifikant positive Korrelation zwischen der Anzahl Baumarten in den Untersuchungsgebieten und dem Vorkommen von Eichhörnchen (p-Wert ≤ 0.01). Damit konnte aufgezeigt werden, dass Eichhörnchen eher in Gebieten

vorkommen, in denen viele verschiedene Baumarten vorhanden sind (Abb. 7). Somit wird auch Hypothese 2 bestätigt.

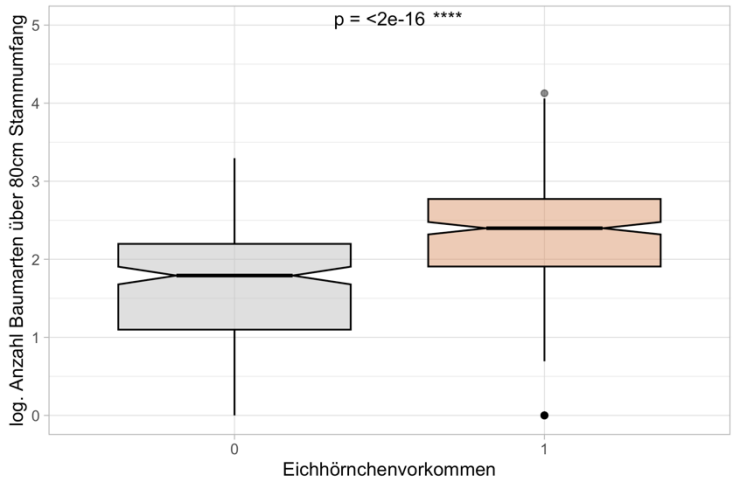


Abb. 7: Das Vorkommen von Eichhörnchen ist in Untersuchungsflächen mit höherer Baumdiversität grösser als in Untersuchungsflächen mit wenigen Baumarten.

3. **H3: Das Eichhörnchenvorkommen korreliert positiv mit der Kronenfläche und dem Kronenvolumen.**

Für Eichhörnchen sind zusammenhängende Baumbestände und nahe beieinanderstehende Einzelbäume wichtig, um möglichst nur kurze Distanzen auf dem Boden zurücklegen zu müssen. Bei sich berührenden Baumkronen können sie sich von Baum zu Baum bewegen und Gefahren auf dem Boden ausweichen. Aufgrund dessen lässt sich die Vermutung ableiten, dass das Eichhörnchenvorkommen positiv mit der Grösse der Baumkronen sowie dem Kronenschlussgrad zusammenhängt.

Um dies zu überprüfen, wurden Beobachtungsmeldungen von der Meldeplattform, Daten aus den Eichhörnchenprojekten von StadtWildTiere aus Zürich, St.Gallen und Luzern sowie LiDAR-Daten (Light Detection and Ranging-Daten zum Vegetationsvolumen) für alle drei Städte verwendet. Basierend auf den LiDAR-Daten der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL wurden für die Untersuchungsflächen die Kronenfläche sowie das Kronenvolumen berechnet.

Resultat: Das Vorkommen von Eichhörnchen korreliert signifikant positiv sowohl mit der Kronenfläche als auch dem Kronenvolumen in den Untersuchungsflächen (p-Wert ≤ 0.01). In Gebieten mit grossen Kronenflächen und -volumen war die Präsenz von Eichhörnchen höher als in Gebieten mit geringeren Werten (Abb. 8 & 10). Damit kann auch Hypothese 3 bestätigt werden.

Ab einem prognostizierten Anteil von 21.4% an Kronenfläche (821.8 m^2, 95%-CI: 748.9 - 894.6 m^2) ist die Wahrscheinlichkeit über 50%, dass Eichhörnchen dort vorkommen (Abb. 9). Mit einer Kronenfläche von über 40.5% steigt die Wahrscheinlichkeit auf 75% an (1558.2 m^2, 95%-CI: 1407.0 – 1709.5 m^2). Daraus lässt sich schliessen, dass Eichhörnchen Gebiete mit einem Kronenflächenanteil von über einem Viertel der Fläche gegenüber von Gebieten mit geringeren Kronenflächenanteile bevorzugen.

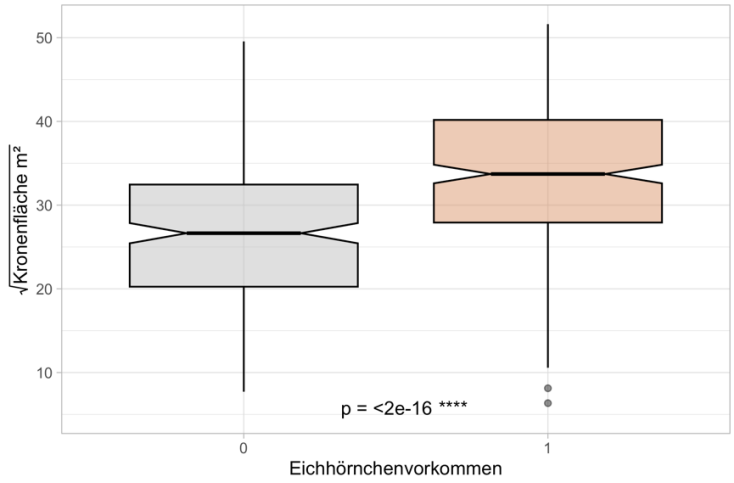


Abb. 8: Mit zunehmender Kronenfläche sind häufiger Eichhörnchen vor Ort,

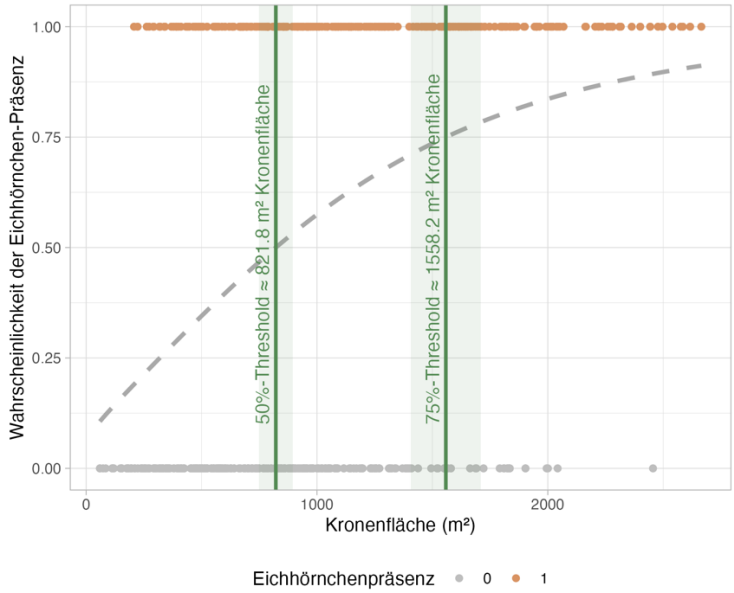


Abb. 9: Die Wahrscheinlichkeit, dass Eichhörnchen in den Untersuchungsflächen vorkommen steigt mit der Kronenfläche an.

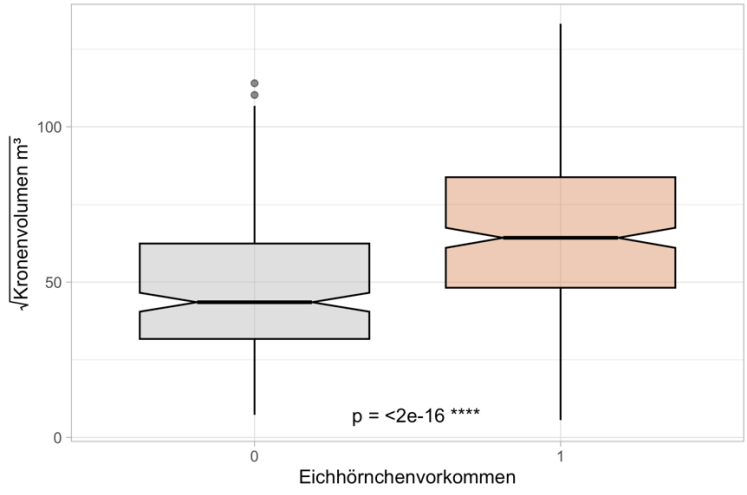


Abb. 10: In Untersuchungsflächen mit grossen Kronenvolumina war die Präsenz von Eichhörnchen signifikant häufiger als in Flächen mit tieferen Kronenvolumina.

4. **H4: Das Eichhörnchenvorkommen korreliert positiv mit der Fläche von unversiegeltem Boden in ihrem Streifgebiet.**

Eichhörnchen benötigen unversiegelte Bodenflächen, um ihre Futterverstecke für die kalte Jahreszeit anzulegen. Entsprechend könnte das Eichhörnchenvorkommen in Gebieten mit grösseren unversiegelten Flächen höher sein als an Orten mit hohem Versiegelungsgrad. Um diese Hypothese zu testen, wurden Beobachtungsmeldungen von der Meldeplattform, Daten aus den Eichhörnchenprojekten von StadtWildTiere aus Zürich, St.Gallen und Luzern sowie die HabitatMap für den Anteil an versiegelten Flächen der Eidg. Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft WSL für alle drei Städte verwendet (Anhang Tab. A1).

Resultat: Die Präsenz der Eichhörnchen korrelierte signifikant negativ mit dem Anteil an versiegelten Flächen in den Untersuchungsflächen (p-Wert ≤0.05). Damit wird Hypothese 4 ebenfalls bestätigt. In Untersuchungsflächen mit einem hohen Anteil versiegelter Flächen wurden mehr Absenzen von Eichhörnchen registriert als in Flächen mit weniger hohem versiegelten Flächenanteil (Abb. 11).

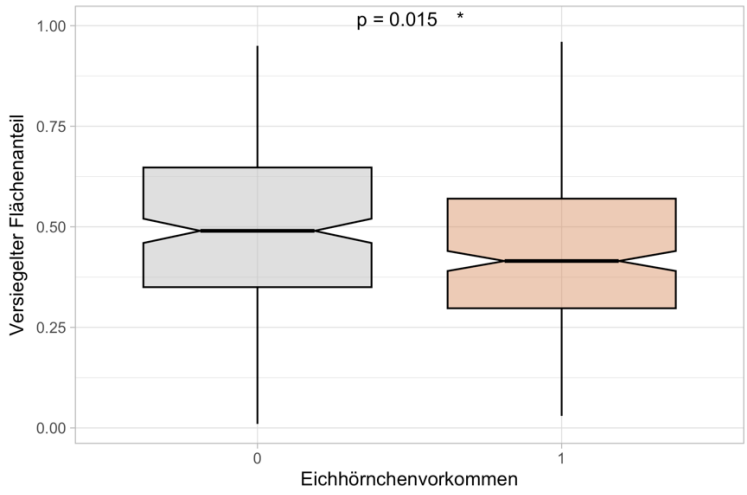


Abb. 11: In Untersuchungsflächen mit hohem Anteil an versiegelten Flächen war die Präsenz von Eichhörnchen weniger häufig als in Flächen mit tieferem Anteil versiegelter Flächen.

5. **H5: Das Eichhörnchenvorkommen korreliert positiv mit der Grösse der Grünfläche.**

In grösseren Grünflächen gibt es tendenziell mehr Lebensraumelemente, die Bedürfnissen der Eichhörnchen entsprechen, wie z.B. alte, vielfältige Baumbestände oder ausreichend unversiegelte Flächen. Ausserdem müssen die Habitate eine gewisse Grösse haben, um das langfristige Fortbestehen der Population zu gewährleisten. Daher wird angenommen, dass das Eichhörnchenvorkommen in grossen Grünflächen wahrscheinlicher ist als in kleinen. Um dies zu prüfen, wurden Beobachtungsmeldungen von der Meldeplattform, Daten aus den Eichhörnchenprojekten von StadtWildTiere aus Zürich, St.Gallen und Luzern sowie die HabitatMap der Eidg. Forschungsanstalt WSL für den Grünflächenanteil für alle drei Städte verwendet.

Resultat: Die Präsenz der Eichhörnchen korrelierte positiv, jedoch nicht signifikant mit dem Anteil Grünflächen in den Untersuchungsflächen ($p > 0.05$). Tendenziell ist das Vorkommen der Eichhörnchen in Untersuchungsflächen mit einem höheren Grünflächenanteil jedoch höher als in Flächen mit geringeren Anteilen (Abb. 12).

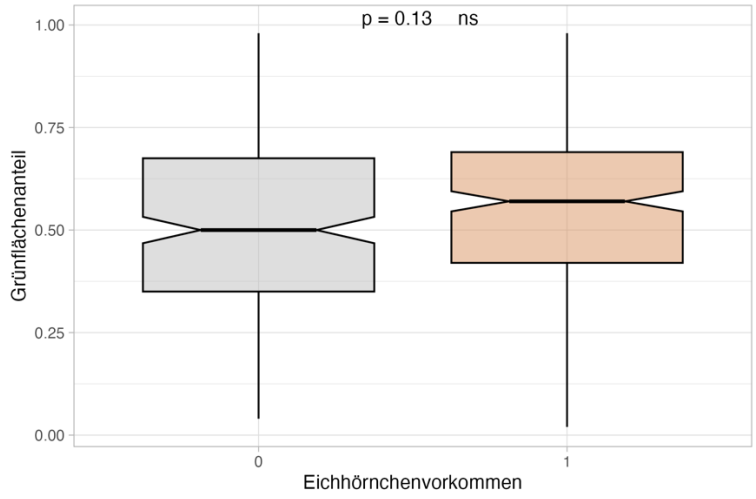


Abb. 12: Die Präsenz von Eichhörnchen korreliert tendenziell positiv mit dem Grünflächenanteil in den Untersuchungsflächen.

6. **H6: Das Eichhörnchenvorkommen, bzw. die Schlüsselvariablen von Hypothesen 1-5, die seine Präsenz erklären, korrelieren positiv oder negativ mit der Präsenz von ausgewählten Wildtierarten des Siedlungsraums oder der Vielfalt von anderen Gruppen von Nagetieren, Vögeln oder Insekten.**

Die Lebensraumansprüche des Eichhörnchens an den urbanen Raum entsprechen zum Teil auch denen von anderen Wildtierarten des Siedlungsraums. So benötigen rund 2/3 der Wildbienenarten in Mitteleuropa offene Bodenstellen, in die sie ihre Nester graben können. Folglich könnte das Eichhörnchenvorkommen respektive die Fläche an unversiegeltem Boden mit der Vielfalt der Wildbienen positiv korrelieren.

Der Igel ist eine weitere Siedlungsart, die auf unversiegelte Flächen angewiesen ist (Bontadina et al., 1993). Auf Wiesenflächen sucht er nach Insekten und anderen Wirbellosen. Daher ist eine positive Korrelation zwischen dem Eichhörnchenvorkommen respektive der Fläche an unversiegeltem Boden (Hypothese 4) und dem Vorkommen von Igeln denkbar.

Weiter sind negative Korrelationen zwischen dem Eichhörnchenvorkommen und dem Vorkommen von Prädatoren wie Marder, aber auch Habichte oder Mäusebussarde möglich. Die Präsenz dieser Prädatoren kann dazu führen, dass weniger oder keine Eichhörnchen im Gebiet vorkommen.

Umgekehrt kann die Präsenz von Eichhörnchen positiv mit der Singvogelvielfalt oder einzelnen Arten wie dem Eichelhäher korrelieren. Diese Arten profitieren von der Nahrungsbearbeitung der Eichhörnchen und fressen herabfallende Samen oder bedienen sich an den Futterdepots der Eichhörnchen. Alternativ ist denkbar, dass sich die Präsenz

von Eichhörnchen negativ auf die Singvögel auswirkt, da das Eichhörnchen deren Eier oder Jungtiere erbeuten kann.

Aufgrund der unterschiedlichen Dichte von Nachweisen der einzelnen Artengruppen wurde entschieden, diese Hypothese mit Vorkommensdaten von 18 Vogelarten zu vergleichen, deren Lebensweisen stark an Bäume gebunden sind.

Hierzu wurden Nachweisdaten folgender Arten für die drei Städte St.Gallen, Luzern und Zürich von der Schweizerischen Vogelwarte bezogen: Buntspecht, Grünspecht, Kleiber, Gartenbaumläufer, Eichelhäher, Wacholderdrossel, Sumpfmeise, Ringeltaube, Sommergoldhähnchen, Zaunkönig, Rotkehlchen, Elster, Girlitz, Grünfink, Kohlmeise, Blaumeise, Haussperrling, Haubenmeise, Tannenmeise, Mönchsgrasmücke, Amsel und Grauschnäpper.

Um zu prüfen, ob Gebiete in den drei Städten Luzern, St.Gallen und Zürich, die als geeignet für Eichhörnchen ausgewiesen wurden, auch eine höhere Vogelvielfalt aufweisen, wurde ein Negativ-Binomial-GAM berechnet. Als Y-Variable wurde die Anzahl der oben aufgeführten Vogelarten pro 100x100m Gridzellen verwendet. Als X-Variable wurde das finale Habitateignungsmodell für Eichhörnchen verwendet (siehe 4.2), wobei dieses ebenfalls auf ein 100x100m Grid aggregiert wurde. Für die Berechnungen wurden nur Gebiete berücksichtigt, für die es Werte zur Habitateignung der Eichhörnchen gibt, d.h. Wälder oder Seen wurden nicht miteinbezogen. Das GAM kann auch nicht-lineare Zusammenhänge abbilden und funktioniert zudem bei Daten mit Überdispersion, wie sie bei Zähldaten häufig ist. Mit smooth()-Funktionen wurden nicht-lineare Zusammenhänge und räumliche Muster innerhalb der Städte (spatial autocorrelation) berücksichtigt. Zusätzlich wurden die Städte als zufälliger Effekt im Modell miteinbezogen, um Unterschiede zwischen Städten zu erfassen.

Resultat: Die Ergebnisse des GAM zeigen, dass die Habitat-Eignung bzw. das Vorkommen von **Eichhörnchen signifikant positiv mit der Artenzahl der ausgewählten Vogelarten** zusammenhängt ($\beta = 0{,}27$, $p < 0{,}05$). Gebiete, die für Eichhörnchen geeignet sind, weisen im Mittel rund 31 % höhere Anzahl der ausgewählten Vogelarten auf als ungeeignete Gebiete. Der räumliche Effekt ist ebenfalls signifikant, was auf starke räumliche Muster in der Artenanzahl innerhalb der Städte hinweist. Die Unterschiede zwischen Städten sind statistisch nicht signifikant. Daraus kann geschlossen werden, dass Eichhörnchen grundsätzlich als Indikatorart für die Artenvielfalt von bestimmten Vogelarten verwendet werden kann, wobei sie einen Hinweis auf besonders artenreiche Gebiete liefern, jedoch nicht die ganze Variabilität erklären.

3.3 Fazit aus Modul A:

Die Resultate aus Modul A zeigen, dass das Vorkommen von Eichhörnchen im urbanen Raum stark mit dem Vorkommen von Bäumen korreliert. Schlüsselfaktoren sind dabei nebst der Anzahl Bäume

auch die Baumartenvielfalt sowie die Grösse der Baumkronen in einem Gebiet. Vielfältige Baumbestände und Bäume mit grossen, ausladenden Kronen bieten den Eichhörnchen im Siedlungsgebiet günstige Bedingungen: Sie gewährleisten ein ganzjährig verfügbares Nahrungsangebot, bieten Schutz vor Fressfeinden und ermöglichen eine sichere Fortbewegung zwischen den Baumkronen. Im Gegensatz dazu sind Gebiete mit hohem Versiegelungsgrad weniger geeignet für Eichhörnchen, da sie in der Regel einen geringeren Anteil an nutzbarem Grünraum aufweisen und dadurch weniger Lebensraum- und Nahrungsangebote bieten.

Insgesamt unterstreichen die Ergebnisse die Bedeutung von baumreichen, durchgrünten und vielfältigen, naturnah gestalteten Siedlungsräumen für die Präsenz von Eichhörnchen. Die Hypothesen 1–5 konnten anhand der Daten aus dem Projekt «Eichhörnchen erforschen», die in den Städten Luzern, St. Gallen und Zürich durchgeführt wurde, grossmehrheitlich bestätigt werden. Weiter konnte aufgezeigt werden, dass das Vorkommen von Eichhörnchen als Indikatorart für die Artenvielfalt von gewissen Vogelarten verwendet werden kann.

4. Modul B&C: Vernetzungsmodell für Eichhörnchen im Siedlungsraum und ein Analysetool für die ökologische Vernetzung in Schweizer Städten

Modul B und C wurden in der Auswertung gemeinsam behandelt, da die Modelle gleich für alle 20 Städte berechnet wurden. Daher fassen wir diese zwei Module zusammen.

4.1 Auswahl der Städte

Die 20 Städte wurden aus der Liste der bevölkerungsreichsten Schweizer Städte so ausgewählt, dass sie geografisch über die ganze Schweiz verteilt sind (Abb. 13) und die Sprachregionen der deutschen, französischen und italienischen Schweiz repräsentieren.

Tabelle 1: Liste der 20 Städte, für welche die Habitateignungskarte erstellt und das Vernetzungsmodell gerechnet wurde.

STADT	KANTON
ZÜRICH	Zürich
GENÈVE	Genève
BASEL	Basel-Stadt
LAUSANNE	Waadt
BERN	Bern
WINTERTHUR	Zürich
LUZERN	Luzern

ST.GALLEN	St.Gallen
LUGANO	Tessin
NEUCHATEL	Neuenburg
BELLINZONA	Tessin
THUN	Bern
CHUR	Graubünden
SCHAFFHAUSEN	Schaffhausen
LA CHAUX-DE-FONDS	Jura
SION	Wallis
ZUG	Zug
YVERDON-LES-BAINS	Waadt
FRAUENFELD	Thurgau
AARAU	Aargau

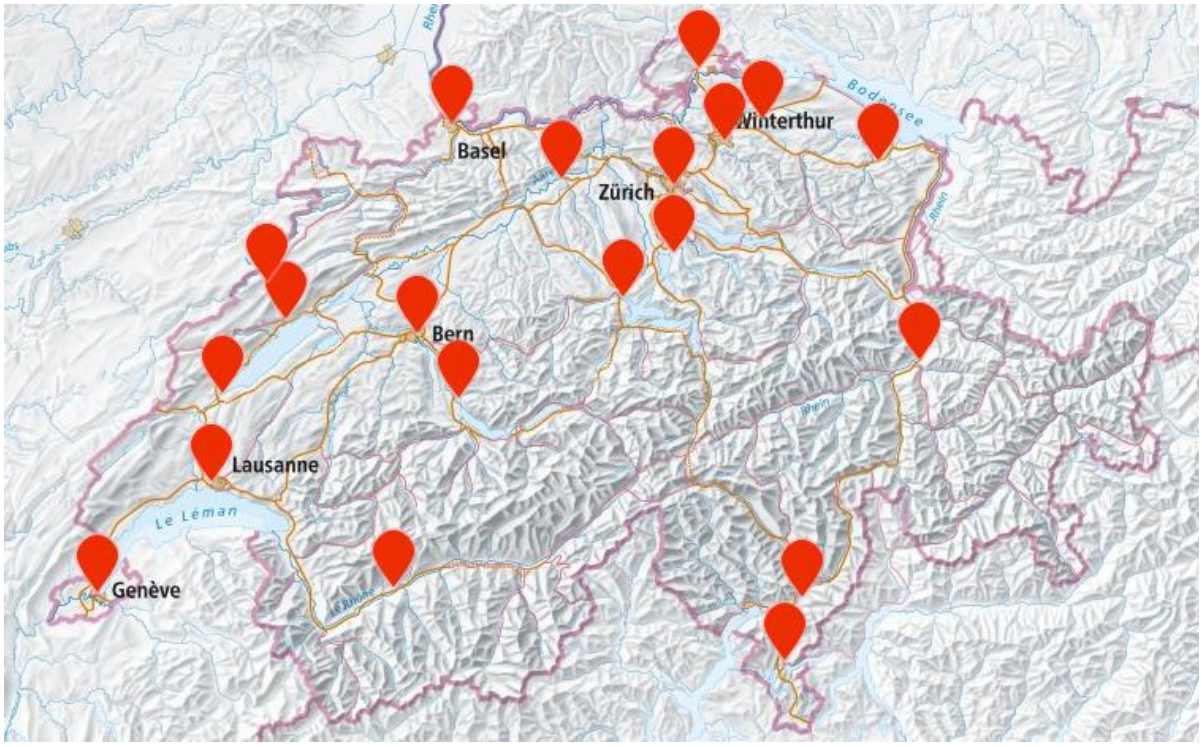


Abb. 13: Verteilung der ausgewählten Städte über die Schweiz.

4.2 Berechnung der Habitateignungsmodelle

Habitateignungsmodelle (in Englisch: Habitat Suitability Models (HSM)) bildeten die Grundlagen für die Vernetzungsmodelle der Städte. Daher wurden diese in einem ersten Schritt berechnet (Abb. 14, A-D). Diese Modelle schätzen mithilfe von Daten des Vorkommens einer Tierart und Lebensraumvariabeln, wie geeignet ein bestimmtes Habitat (eine Rasterzelle) für eine Tierart ist. Das Ergebnis eines Habitateignungsmodell ist eine Rasterkarte (mit Werten von 0-1) mit der Eignung des Lebensraums für die entsprechende Tierart (0: nicht geeignet; 1: sehr geeignet).

Für die Berechnung der Modelle wurden alle Lebensraumvariabeln ausgewählt, die für das Eichhörnchen und andere baumgebundene Arten relevant sein können (Abb. 14, A). Wichtig war, dass die Variabeln für alle 20 Städte verfügbar waren und in einer hohen Auflösung (mind. 100 m) zur Verfügung standen. Durch eine Zusammenarbeit mit Christian Ginzler von der Gruppe für Fernerkundung an der Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) standen LiDAR-Daten der Vegetationsstruktur zur Verfügung. Diese LiDAR-Daten wurden aggregiert (d.h. die Vegetationsdichte wurden für einen Standort summiert), um das Kronenvolumen, die Baumbedeckung und die Vegetationshöhe zu berechnen. Die LiDAR-Daten wurden mit weiteren Umweltvariabeln ergänzt, die alle öffentlich verfügbar sind. Eine Übersicht der Variabeln und deren Quelle ist im Anhang zu finden (Tabelle A1). Alle Variabeln wurden auf 10 x 10 Meter Auflösung heruntergesampelt (falls höhere Auflösung) oder zusammengerechnet (falls tiefere Auflösung). Im nächsten Schritt wurde überprüft, ob diese Variabeln miteinander korrelieren und welche einen Einfluss auf die Präsenz der Eichhörnchen haben (adjustiertes D^2) (Abb. 14, Schritt A zu B). Variabeln die miteinander korrelieren oder keinen Einfluss hatten, wurden aus dem Modell entfernt.

Damit verblieben folgende 10 Variabeln als Vorhersagevariabeln im Modell (Abb. 14, B):

- Anteil Laubbäume
- Anteil Nadelbäume
- Neigung (slope)
- Vegetationshöhe
- Produktivität der Grünflächen
- Distanz zu Bahnschienen
- Schummerung (hillshade)
- Distanz zum Wald
- Unversiegelte Flächen
- Bevölkerungsdichte

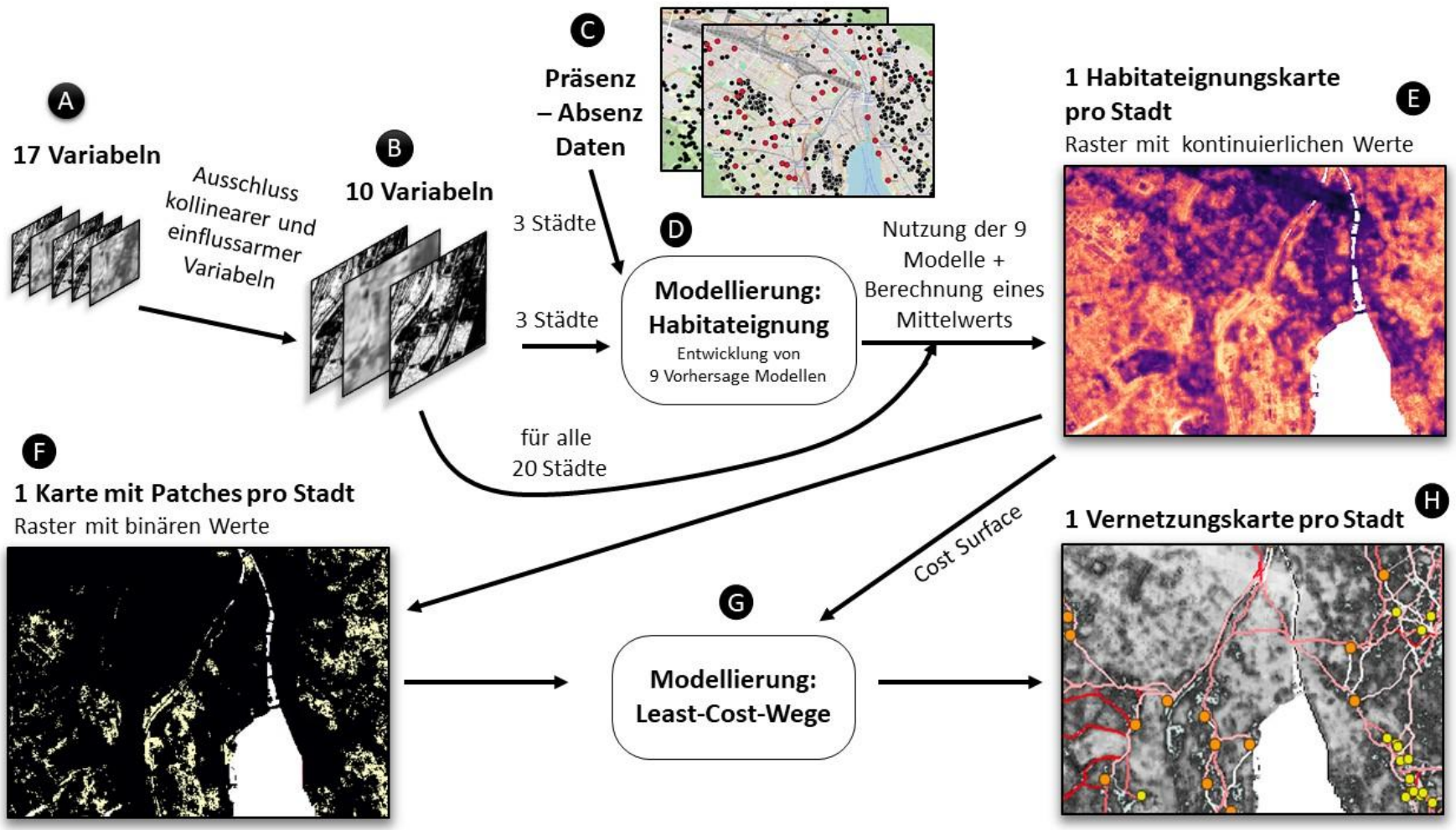


Abb. 14: Schematische Darstellung des Auswertungsprozesses.

Anhand dieser Lebensraumvariabeln (Abb. 14, B) und Daten zum Vorkommen von Eichhörnchchen (Abb. 14, C) wurden 9 verschiedene Algorithmen für die Vorhersage der Habitateignung entwickelt (Abb. 14, D). Dabei wurde mit 3 Algorithmen gearbeitet: einem einfachen GLM (Generalized Linear Mixed Modell), einem komplexem GLM (mit Interaktionen) und einem Random Forest Modell. Als Präsenzdaten (Abb. 14, C) wurden Beobachtungsmeldungen von Eichhörnchen von den Plattformen (stadtwildtiere.ch und wildenachbarn.ch) verwendet. Diese Modelle wurden in einem ersten Schritt für die drei Pilotstädte (Luzern, St.Gallen und Zürich) erstellt, da wir für diese Städte genügend Präsenzdaten von Eichhörnchen hatten. Da Absenzdaten nur beschränkt verfügbar waren, haben wir mit zwei verschiedenen Methoden Pseudoabsenzen generiert (zufällig oder geografisch gewichtet). Anschliessend wurden die 6 Algorithmen (einfaches GLM, komplexes GLM und Random Forest; je mit zufälligen und geografisch gewichteten Pseudoabsenzen) berechnet. Zusätzlich dazu wurden 3 Modelle (einfaches GLM, komplexes GLM und Random Forest) mit Eichhörnchen-Präsenz und -Absenzdaten aus dem Projekt «Eichhörnchen erforschen» (Abb. 14, C) gerechnet. Alle 9 Algorithmen wurden mit dem jeweils anderen Datensatz (Präsenz & Absenzdaten aus «Eichhörnchen erforschen» oder Präsenzdaten von der Meldeplattform mit Pseudoabsenzen) getestet. Schliesslich wurde für jedes dieser 9 Algorithmen ein Habitateignungsmodelll erstellt (Abb. 14, D). Dieser Schritt wurde für alle 20 Städte berechnet auf der Grundlage der drei Pilotstädte.

Die 9 Modelle zur Vorhersage der Habitateignung wurden mit Vorkommens- und Lebensraumdaten der drei Pilotstädte (Luzern, St.Gallen und Zürich) entwickelt (Abb. 14, D). Bei allen weiteren Städten wurden direkt diese 9 Modelle mit den Lebensraumvariabeln der entsprechenden Städte gerechnet und dadurch die Habitateignungsvorhersagen eruiert, ohne Eichhörnchen Vorkommensdaten der jeweiligen Städte.

4.3 Berechnung der Vernetzungsmodelle

Aus diesen 9 Habitateignungsmodellen pro Stadt wurden einerseits die Durchschnittswerte pro Rasterzelle gerechnet und zu einem allgemeinen Habitateignungsmodell zusammengefasst (Abb.14, E). Dieses Modell umfasst Werte von 0-1 und wurde bei den Vernetzungsmodellen (Abb. 14, G) als Grundlage für die Kostenberechnung verwendet. Andererseits wurden die 9 Modelle je anhand des TSS optimal threshold binarisiert und dann pro Rasterzelle addiert. Dies ergibt eine neue binäre Karte mit Werten von 0-9 (0: keines der Modelle sagt in dieser Rasterzelle die Eichhörnchenpräsenz vorher; 9: alle neun Modelle sagen für eine Rasterzelle einen geeigneten Lebensraum für Eichhörnchen vorher, Abb. 14, F). Diese Karte zeigt ausserdem, inwiefern sich die 9 verschiedenen Modelle einig sind bei den Vorhersagen (bei den tiefen und hohen Werten). Mittlere Werte deuten auf Unsicherheiten in der Vorhersage hin (Abb. 15). Anhand dieser binären Karte haben wir den für Eichhörnchen geeigneten Lebensraum pro Stadt berechnet (Abb. 16). Neben der Habitateignungskarte, dient sie als zweite Grundlage für die Modellierung der Vernetzungskarte (Abb. 14, G & H).

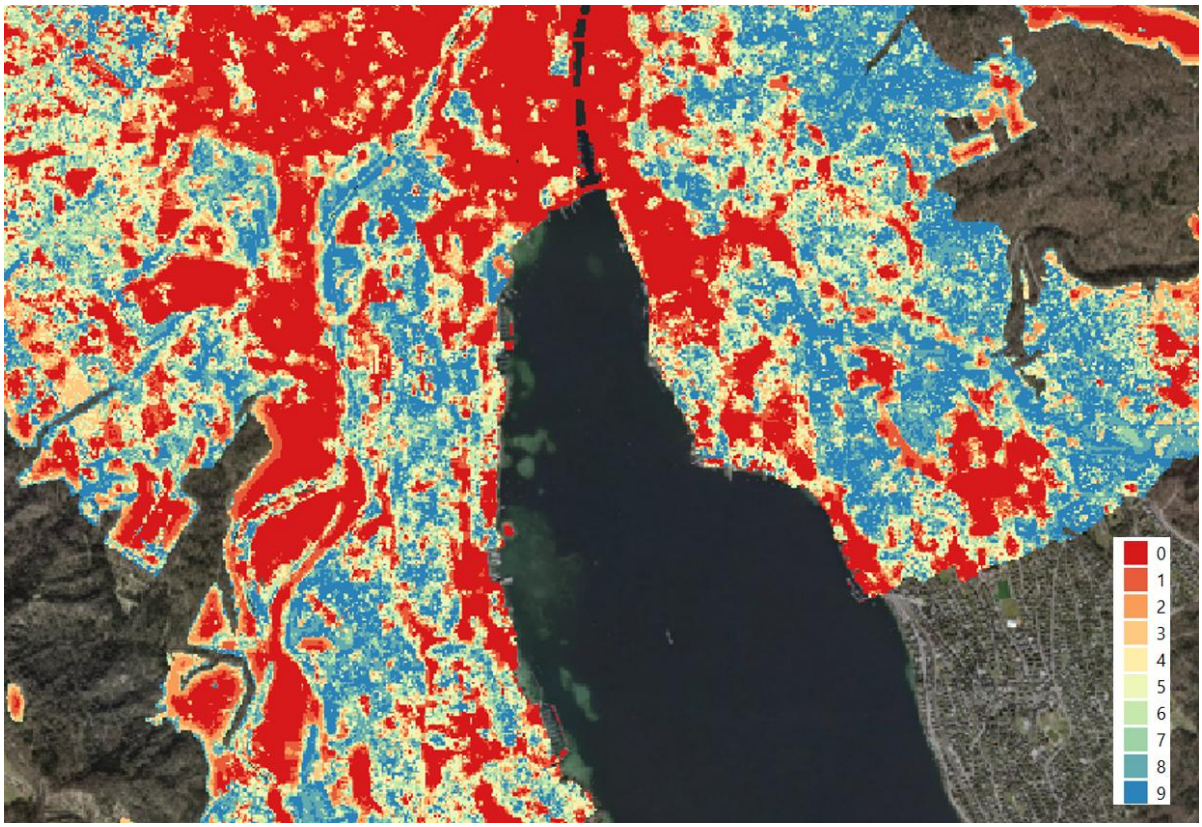


Abb. 15: Übereinstimmungsgrad der Habitateignungsmodelle (blau und rot=hoher Übereinstimmungsgrad, gelb=tiefer Übereinstimmungsgrad). Der abgebildete Ausschnitt zeigt einen Teil der Stadt Zürich, schwarz eingezeichnet ist der Zürichsee. Wälder und Gebiete ausserhalb der Stadt Zürich wurden nicht in die Berechnung einbezogen. Die roten Bereiche zeigen Orte, wo keines der Modelle geeigneten Eichhörnchenlebensraum vorhersagt. Die blauen Bereiche zeigen hingegen Orte, wo alle Modelle geeigneten Eichhörnchenlebensraum vorhersagen. Hellgelbe Bereiche zeigen Orte, wo sich die Modelle nicht einig sind, respektive, wo nur ein Teil der Modelle Übereinstimmungen zeigen (4-5 Modelle stimmen überein).

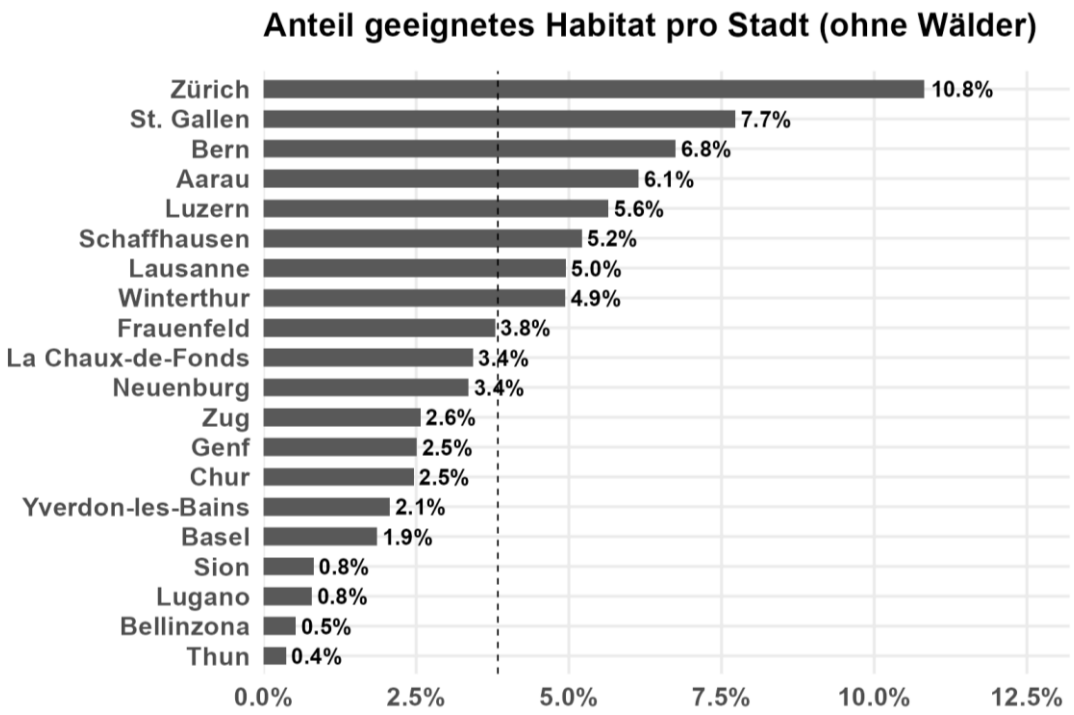


Abb. 16: Für Eichhörnchen geeigneter Lebensraum pro Stadt: Anteil der Rasterzellen, in denen alle 9 Modelle geeignete Bedingungen für Eichhörnchen vorhersagen, im Vergleich zur absoluten Anzahl Rasterzellen (exklusive Wald und Gewässer).

Für die Berechnung der Vernetzungskarten wurde pro Stadt eine Widerstandskarte (cost surface map) erstellt (Abb 14, E nach G). Diese Karte wurde aus der Habitateignungskarte berechnet (Widerstandskarte = 1- Habitateignungskarte). Waldflächen (grösser als 1 ha) wurden in den Habitateignungsmodellen nicht berücksichtigt, da es aus den Waldflächen nur wenig Eichhörnchenbeobachtungen gab. Indem diese weggelassen wurden, wurde verhindert, dass diese Gebiete falsch vorhergesagt wurden, da angenommen werden kann, dass Waldflächen für Eichhörnchen einen geeigneten Lebensraum bieten. Aus diesem Grund wurden für die Vernetzungsmodelle die Waldflächen (grösser als 1 ha) sowie die Rasterzellen, in denen alle 9 Habitateignungsmodelle geeigneten Eichhörnchenlebensraum vorhersagten, zu den Präsenzdaten gezählt. In diesen Flächen wurden die Ausgangs- (oder auch sources oder Quellen-Punkte) und Zielpunkte (oder auch targets) gelegt. Wir haben beschlossen, die Ausgangspunkte in die Wälder und die Zielpunkte in geeignete Lebensräume ausserhalb der Wälder zu legen, um damit möglichst gute Vernetzungswege zwischen den Ausgangs- und Zielpunkten zu erhalten (Abb. 14, G). Um die Punkte für alle Städte gleichmässig über die gegebene Fläche zu verteilen, haben wir beschlossen, die Punkte stratifiziert mit einem 500 x 500 m Rastergitter zu legen. Das bedeutet, dass pro Rasterzelle (500 x 500 m) je ein Ausgangs- oder Zielpunkt ausgewählt wurde. Es wurden nur Lebensraumflächen berücksichtigt, die mindestens 500 m² gross waren. Für die Berechnung der Least-Cost-Wege (Abb. 14, G) wurden oberirdische Autobahnen und Gewässer als Barrieren (mit Wert 100) und Bahnlinien als Barrieren (mit Wert 50) berücksichtigt. Die Berechnung der Wege

mittels der Widerstandskarte pro Stadt ergab eine Vernetzungskarte mit den wichtigsten Vernetzungskorridoren für Eichhörnchen.

4.3 Vernetzungsmodelle für 20 Schweizer Städte

Es konnten Vernetzungsmodelle für alle 20 Schweizer Städte berechnet werden. Während die Habitateignungskarten zeigen, wo geeigneter Eichhörnchen-Lebensraum liegt, zeigen die Vernetzungsmodelle auf, welche Lebensräume für Eichhörnchen erreichbar sind und wo bedeutende Korridore liegen.

Unterschiede in den Vernetzungsmodellen zwischen den Städten

Da die Vernetzungsmodelle stark auf Wälder als Ausgangspunkte und auf den geeigneten Eichhörnchenlebensraum in der Stadt als Zielpunkte angewiesen sind, sehen die Modelle je nach Stadt sehr unterschiedlich aus. Basel beispielsweise hat nur wenige Waldflächen auf dem Gemeindegebiet und wenige geeignete Eichhörnchenlebensräume, entsprechend wurden nur wenige Vernetzungslinien modelliert (Abb. 17). Ein ähnliches Beispiel ist Thun: Hier hat es zwar einige Waldflächen auf dem Gemeindegebiet, das fast vollständige Fehlen von geeignetem Lebensraum in der Stadt führt aber dazu, dass kaum Vernetzungslinien berechnet werden konnten (Abb. 18). Winterthur hingegen ist ein Beispiel einer Gemeinde mit vielen Wäldern und ideal gelegenen Lebensraumflächen für das Vernetzungsmodell (Abb. 19).

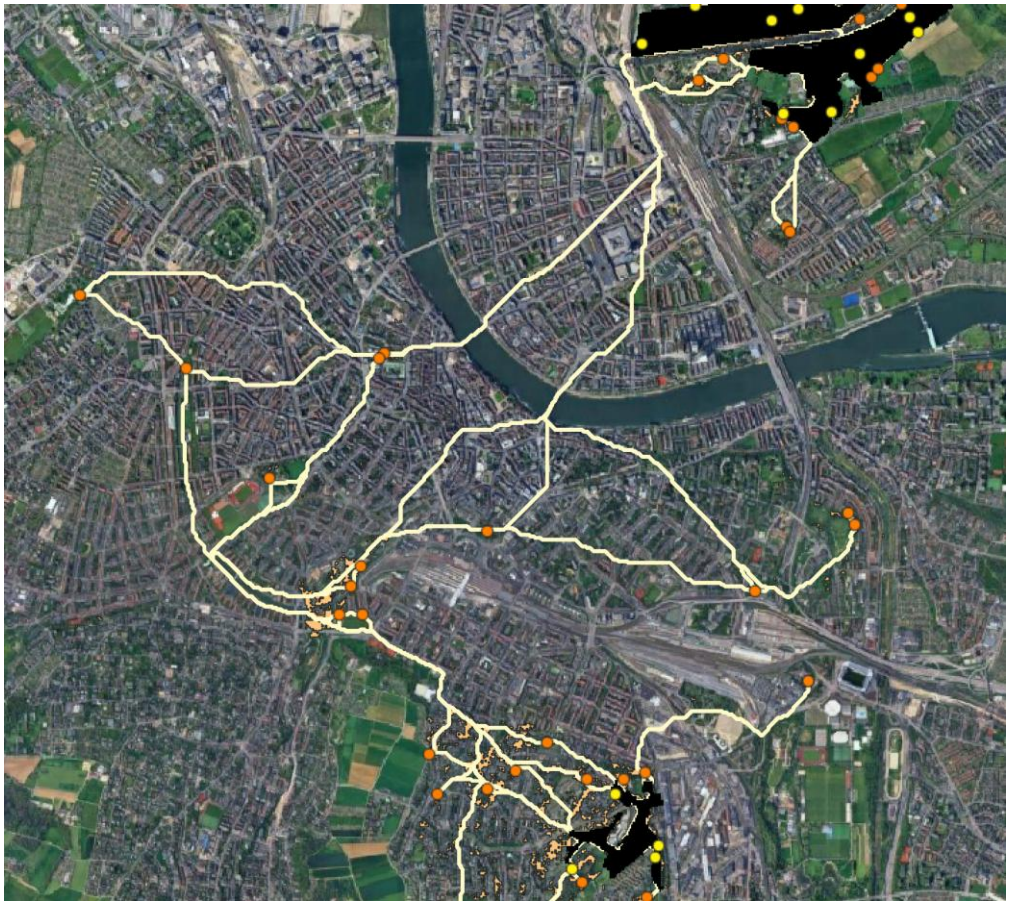


Abb. 17: Basel hat nur wenige Waldflächen auf dem Gemeindegebiet. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; orange Punkte: Zielpunkte; orange Gebiete: geeignete Eichhörnchen-Lebensräume; gelbe Linien: Vernetzungskorridore; schwarze Flächen: Wälder.

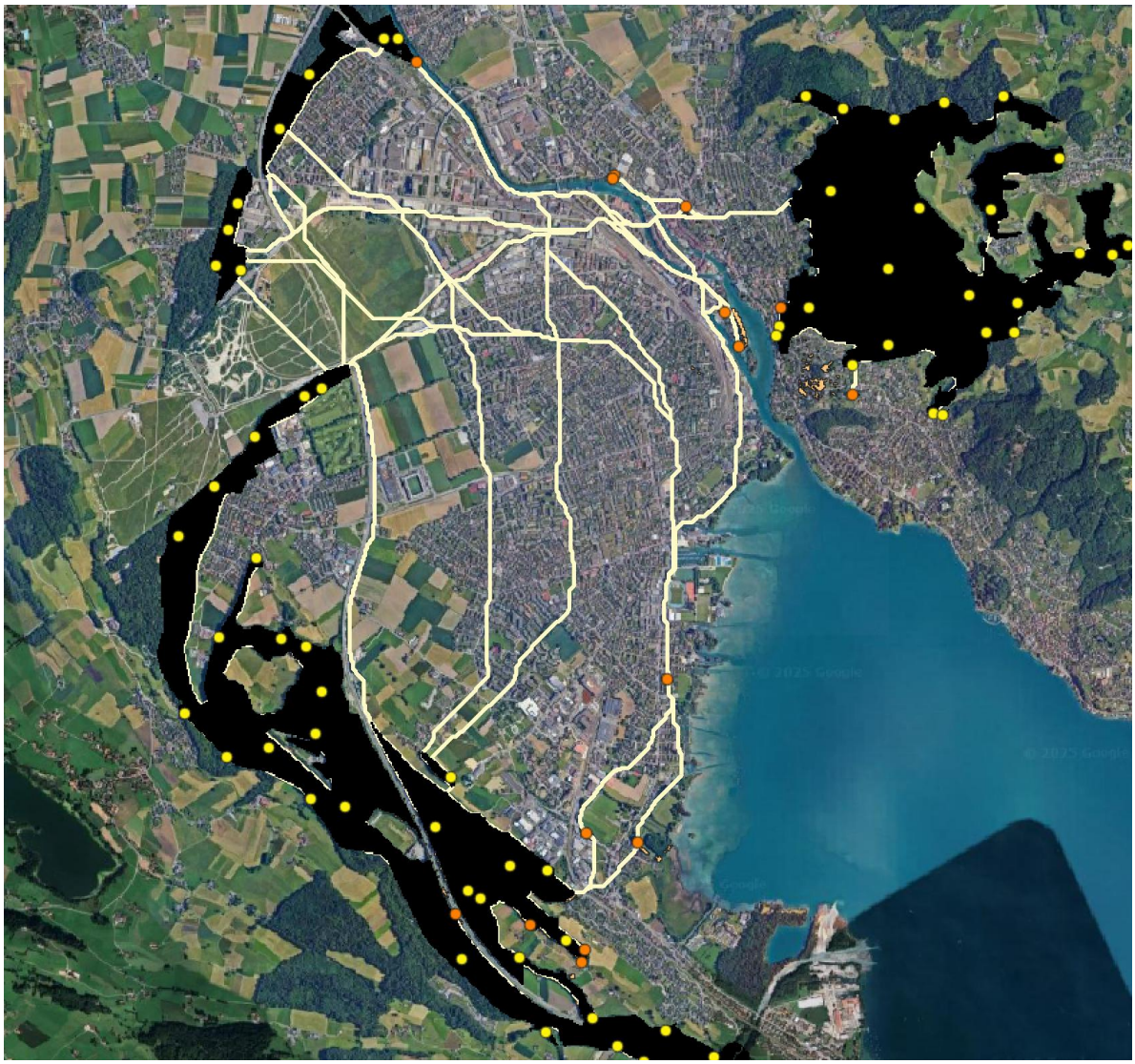


Abb. 18: Thun hat fast keine geeigneten Eichhörnchen-Lebensräume auf dem Gemeindegebiet. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; orange Punkte: Zielpunkte; orange Gebiete: geeignete Eichhörnchen-Lebensräume; gelbe Linien: Vernetzungskorridore; schwarze Flächen: Wälder.

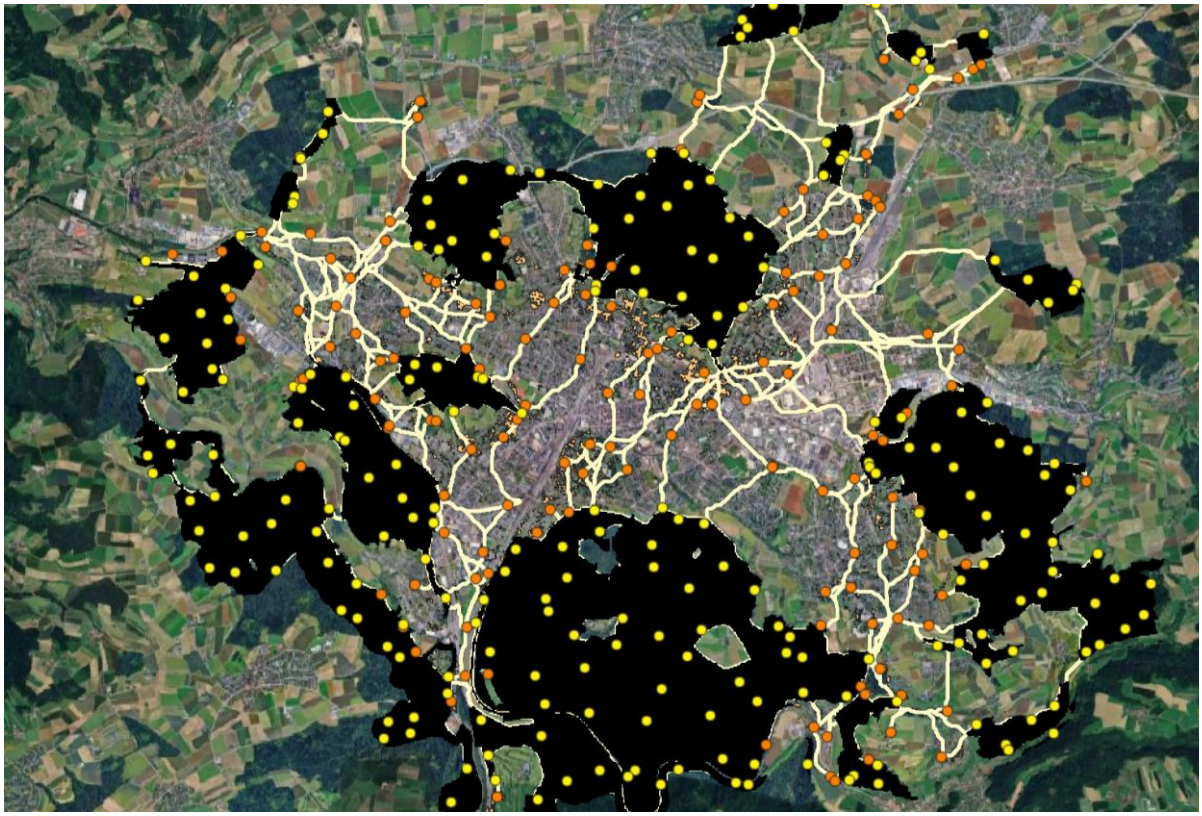


Abb. 19: In Winterthur sind sowohl die Waldflächen, wie auch die geeigneten Eichhörnchen-Lebensräume ideal über die Stadt verteilt für die Modellierung der Vernetzung. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; orange Punkte: Zielpunkte; orange Gebiete: geeignete Eichhörnchen-Lebensräume; gelbe Linien: Vernetzungskorridore; schwarze Flächen: Wälder.

Die Linien in den Vernetzungsmodellen zeigen, welche Wege die Eichhörnchen nutzen könnten, um den Zielpunkt zu erreichen. Dabei muss beachtet werden, dass jeder Zielpunkt erreicht werden muss. Die Kosten ihn zu erreichen, können für Eichhörnchen daher erheblich sein, auch wenn das Modell den bestmöglichen Weg auswählt. Die Kosten für einen Weg berechnen sich aus dem Widerstand multipliziert mit dem Weg, welcher das Eichhörnchen zurücklegen muss. Für die Anwendung der Modelle in den Städten lohnt es sich daher, pro Stadt einen maximalen Kostenwert zu wählen und nur Wege zu berücksichtigen, die diesen Wert nicht übersteigen.

In Lugano wird beispielsweise sichtbar (Abb. 20), was passiert, wenn ein Zielpunkt erreicht werden muss, aber kein geeigneter Weg vorhanden ist. Einer der Wege führt dort über den See, da ein Waldstück auf der anderen Seeseite liegt und aufgrund der Gemeindegrenze isoliert ist, ausser der Verbindung über den See. Solche Wege sind ein Artefakt des Modells und können in der Praxis natürlich ignoriert werden.

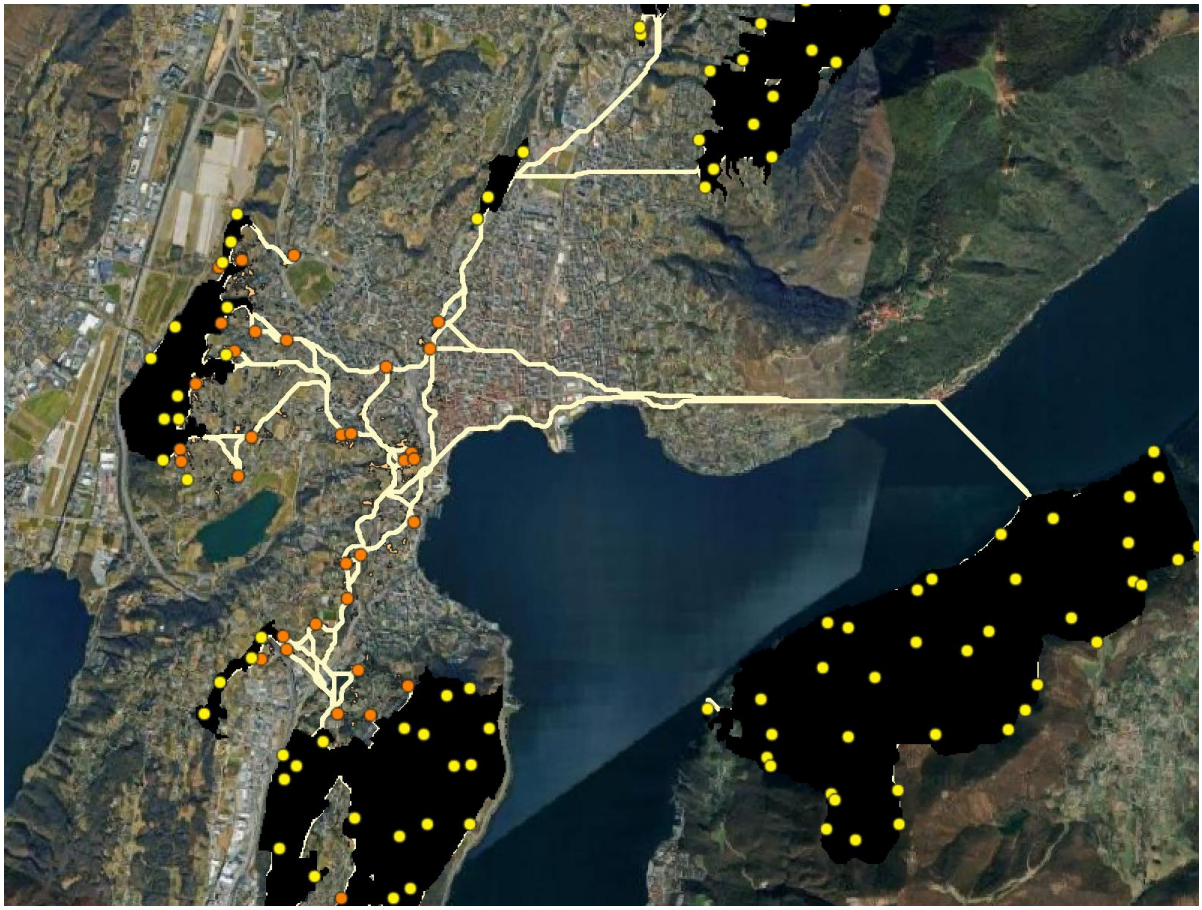


Abb. 20: Aufgrund der isolierten Lage des Waldgebiets südlich des Sees in Lugano führt der einzige Weg (im Modell) durch den See. Biologisch macht dies keinen Sinn und in der Anwendung müssen solche Wege nicht berücksichtigt werden. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; orange Punkte: Zielpunkte; orange Gebiete: geeignete Eichhörnchen-Lebensräume; gelbe Linien: Vernetzungskorridore; schwarze Flächen: Wälder.

Barrieren im Vernetzungsmodell

Die grössten Barrieren für Eichhörnchen in unseren Modellen sind oberirdische Autobahnen, Bahngeleise und Gewässer. Diese Barrieren sind bei einigen Städten gut sichtbar. Zwei Beispiele dafür sind Zürich (Abb. 21) und Sion (Abb. 22), wo die Bahnlinien und die oberirdisch verlaufende Autobahn jeweils in der Mitte der Stadt gut im Vernetzungsmodell sichtbar sind. Entsprechend unseren Vernetzungsmodellen nutzen die Eichhörnchen an vielen Orten Brücken, um die Gewässer als Barrieren zu umgehen (Beispiel in Aarau, Abb. 23).

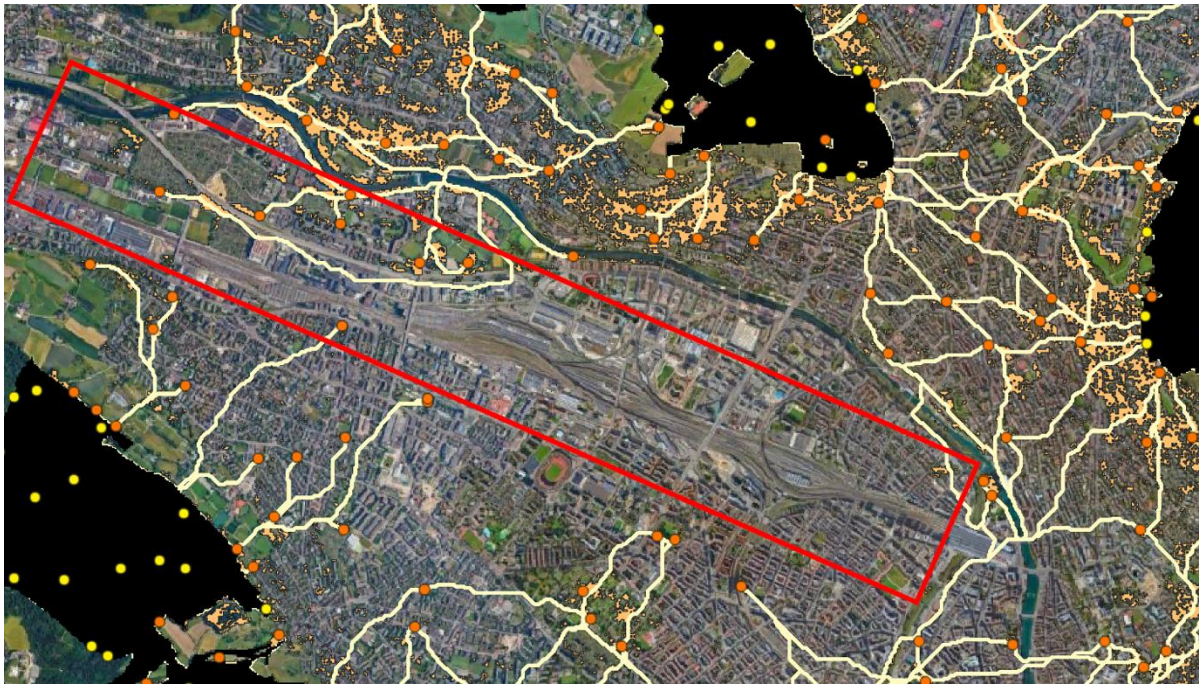


Abb. 21: Das Gleisfeld sowie der Beginn der oberirdischen Autobahn und der Fluss sind in Zürich als Barrieren gut erkennbar. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; orange Punkte: Zielpunkte; orange Gebiete: geeignete Eichhörnchen-Lebensräume; gelbe Linien: Vernetzungskorridore; schwarze Flächen: Wälder; roter Kasten: Gleisfeld und oberirdische Autobahn.

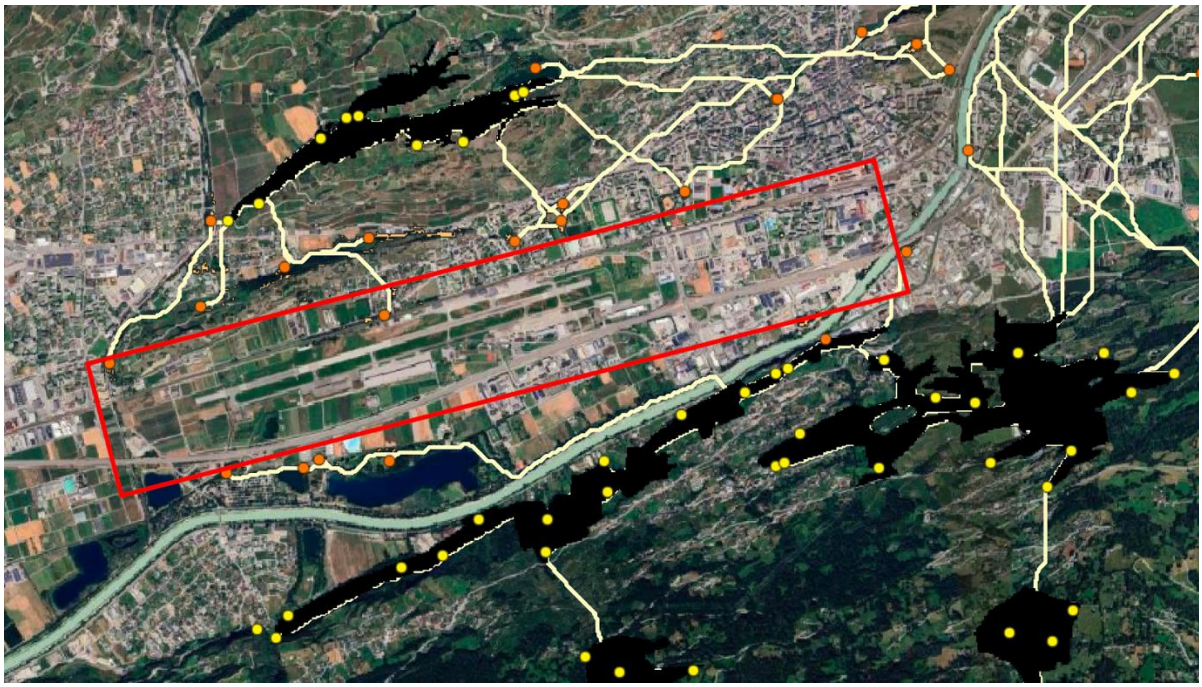


Abb. 22: Die Bahnlinie und die oberirdische Autobahn sind in Sion gut als Barrieren gut erkennbar. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; orange Punkte: Zielpunkte; orange Gebiete: geeignete Eichhörnchen-Lebensräume; gelbe Linien: Vernetzungskorridore; schwarze Flächen: Wälder; roter Kasten: Gleise und oberirdische Autobahn.

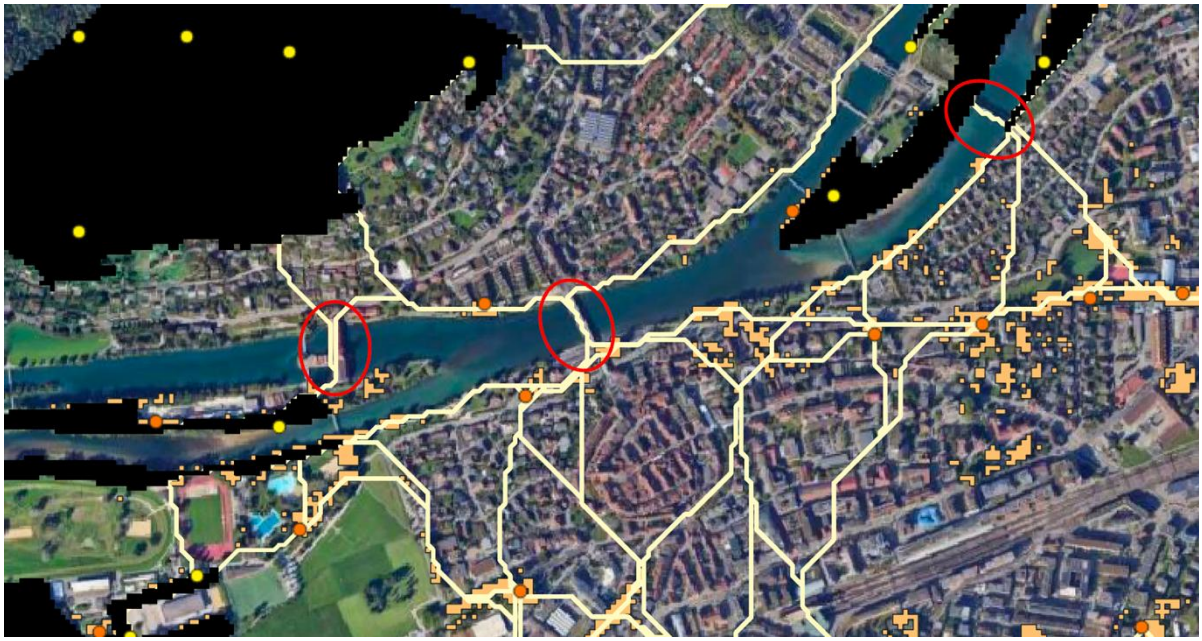


Abb. 23: An vielen Orten, wie hier in Aarau, nutzen Eichhörnchen Brücken, um die Gewässer als Barrieren zu umgehen. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; orange Punkte: Zielpunkte; orange Gebiete: geeignete Eichhörnchen-Lebensräume; gelbe Linien: Vernetzungskorridore; schwarze Flächen: Wälder; rote Kreise: Brücken, die als Vernetzungswege genutzt werden.

Vergleich von unserem Vernetzungsmodell mit Vernetzungsachsen aus dem Richtplan

Ein einfacher Vergleich unseres Vernetzungsmodells mit den Vernetzungsachsen aus dem Richtplan für St.Gallen zeigt, dass die Vernetzungskorridore aus dem Modell gut mit den Vernetzungsachsen vom Richtplan übereinstimmen (Abb. 24). An den meisten Orten liegen die geplanten und modellierten Korridore übereinander. In landwirtschaftlichen Gebieten, besonders im Südwesten der Stadt, fehlen Vernetzungslinien in unserem Modell, welche als Korridore im Richtplan ausgewiesen sind. Diese Vernetzungskorridore scheinen für Eichhörnchen nicht zu funktionieren, da zu wenig Vegetation wie Büsche und Bäume vorhanden ist, über welche sich die Eichhörnchen sicher fortbewegen können.

Eine detailliertere Analyse von den ausgewiesenen Korridoren im Richtplan mit den Korridoren in den vorliegenden Modellen sprengt den Rahmen dieses Projekts, würde jedoch wertvolle Hinweise für die konkrete Vernetzungsplanung ermöglichen und aufzeigen, wo die ausgeschiedenen Korridore für bestimmte Artengruppen wie das Eichhörnchen und andere baumgebundene Arten aufgewertet werden müssten.

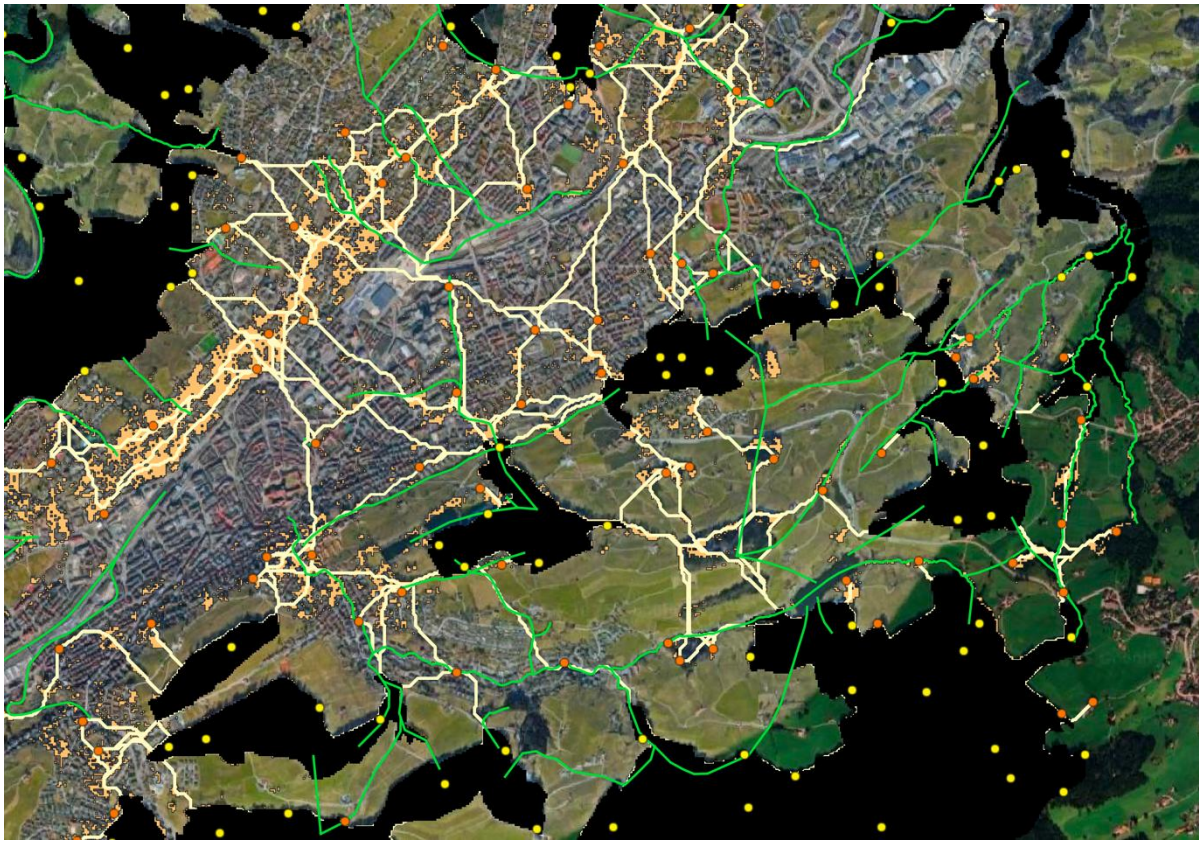


Abb. 24: Ein Vergleich der Vernetzungsachsen, die im Richtplan ausgewiesen wurden, mit den Vernetzungskorridoren aus unserem Modell zeigt grosse Übereinstimmungen in der Stadt St.Gallen. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; orange Punkte: Zielpunkte; orange Gebiete: geeignete Eichhörnchen-Lebensräume; gelbe Linien: Vernetzungskorridore; schwarze Flächen: Wälder; grüne Linien: Vernetzungsachsen aus dem Richtplan.

4.4 Fazit aus den Modulen A, B&C

Das **Fazit** aus den drei Modulen des vorliegenden Projekts, der Literaturrecherche und eigenen Berechnungen und aus den Vernetzungsmodellen sowie den möglichen Anwendungen für die Vernetzungsplanung lautet wie folgt:

1. Wie wir in unserer Literaturrecherche und eigenen Auswertungen zeigen konnten, können **Eichhörnchen als Leitart für eine hohe Biodiversität** und insbesondere für baumgebundene Wildtiere wie verschiedene Vogelarten dienen. Von einer Vernetzungsplanung im Siedlungsgebiet, die sich auf Habitateignungskarten und Vernetzungsmodelle von Eichhörnchen abstützen, profitieren viele verschiedene Wildtierarten, die an Bäume gebunden sind.

2. Ein Vergleich der berechneten Vernetzungskorridore mit den im Richtplan ausgewiesenen Lebensraumkorridoren kann aufzeigen, welche **Korridore intakt** sind und wo die

ausgewiesenen Korridore **Lücken aufweisen und verbessert werden sollten**. Für Städte, welche noch über keine detaillierte Vernetzungsplanung verfügen, können die berechneten Korridore ein **erster Schritt in der Vernetzungsplanung** sein.

3. Geeignete Lebensräume, die aktuell in der Modellierung nicht oder kaum vernetzt sind oder für Eichhörnchen nur mit hohen Kosten erreichbar sind, können in der künftigen Stadtplanung berücksichtigt werden, indem beispielsweise zusätzliche Korridore durch diese Gebiete gelegt werden oder die **Korridore aufgewertet** werden, damit diese besser vernetzt sind.

4. Das Gleiche gilt für **Barrieren**, die an bestimmten Stellen nur mit sehr hohen Kosten überwunden werden können. Dies bedeutet, dass dort ein grosser Ausbreitungsdruck besteht. Dieser könnte mit einer angepassten Planung und der Förderung von Vernetzungskorridoren in diesen Bereichen **reduziert werden**.

5. Ein **grosses Potential sehen wir auf Landwirtschaftsflächen**. Grössere, offene Flächen ohne Bäume und Büsche sind für Eichhörnchen kaum überwindbar (Beispiel von Zug, Abb. 25). Hier gibt es ein grosses Vernetzungspotential, indem Korridore gezielt durch das Pflanzen von Hecken und zusammenhängenden Baumreihen angelegt würden.

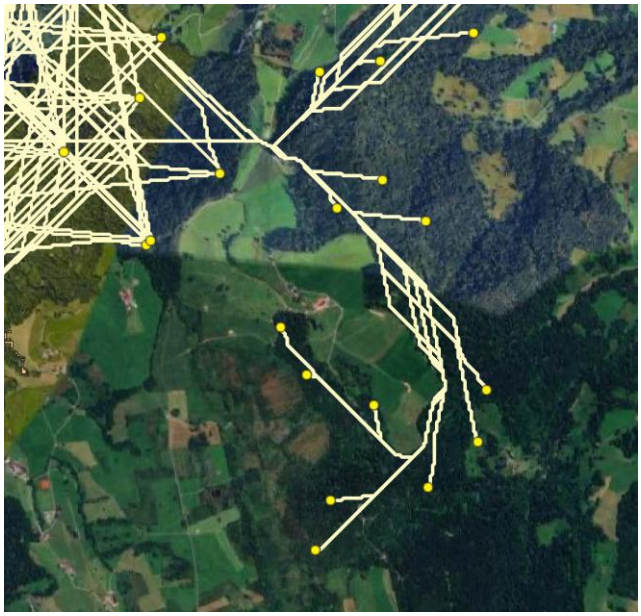


Abb. 25: Dieses Beispiel aus Zug zeigt, wie die Vernetzungskorridore offene und baumlose Gebiete meiden, obwohl diese «grün» sind. Dies ist bei den meisten Landwirtschaftsflächen der Fall, die durch das Pflanzen von Hecken und zusammenhängenden Baumreihen aufgewertet werden könnten. Gelbe Punkte: Ausgangspunkte; gelbe Linien: Vernetzungskorridore.

Bei der **Anwendung der Modelle** in der Stadtplanung sind folgende Punkte zu beachten:

6. Die erarbeiteten Habitateignungskarten sowie die Vernetzungskarte stellen eine solide digitale Datengrundlage für die Vernetzungsplanung dar. Sie ermöglichen eine fundierte planerische Einschätzung, **ersetzen jedoch nicht die notwendige Begutachtung der Situation vor Ort**.

7. Bei kleinen Städten und in den Stadtrandgebieten müssen **Randeffekten bei der Interpretation der Modelle und Karten berücksichtigt werden**. Unsere Berechnung der Modelle auf Gemeindegebiet ist kleinräumig. Die Randeffekte und die umliegende Umgebung der Gemeinde können einen grossen Einfluss auf die Situation im Gemeindegebiet haben. Beispielsweise sind Waldflächen in umliegenden Gemeinden im Modell nicht berücksichtigt.

8. Wir haben mit der Habitateignungskarte geeignete Eichhörnchenlebensräume berechnet. Dies bedeutet aber nicht, dass in jedem dieser Gebiete Eichhörnchen auch tatsächlich vorkommen. Einige sind zu klein oder zu fragmentiert, dass sich dort langfristig eine Eichhörnchenpopulation etablieren könnte. Die Karten geben uns jedoch einen **Hinweis, wo hochwertiger Lebensraum für diese Art vorhanden ist**.

Ausblick:

9. **Weitergehende Analysen:** Eine vertiefte Analyse der vorliegenden Vernetzungskarten mit den im Richtplan oder lokalen Vernetzungsplanungen ausgewiesenen Lebensraumkorridoren können wertvolle Hinweise für die Vernetzungsplanung der jeweiligen Städte geben. Für weitergehende Analysen stehen wir gern zur Verfügung.

10. **Vernetzungsplanung für weitere Artengruppen**: Die Berechnungen für die Habitateignung und die Vernetzung wurden spezifisch für das Eichhörnchen berechnet. Dabei wurde ein Fokus auf eine kletternde und baumgebundene Art gelegt. Die erhaltenen Resultate sind relevant für weitere Wildtierarten, die in der Fortbewegung und der Lebensraumwahl stark auf Bäume und Büsche angewiesen sind. Arten, welche andere Lebensraumansprüche haben, etwa Arten, die bodengebunden unterwegs sind, beispielsweise Amphibien und Reptilien oder Igel, werden mit den modellierten Vernetzungskorridoren ungenügend repräsentiert. Für sie müssten eigene Habitateignungsmodelle und Vernetzungskarten erstellt werden.

11. Damit liegt erstmals ein fundiertes methodisches Vorgehen und digitale Berechnungsgrundlagen vor, die es ermöglichen, das Eichhörnchen als Leitart für die ökologische Infrastruktur und die Vernetzungsplanung von baumgebundenen Arten in den Siedlungsräumen zu nutzen.

5. Webinar mit Vertreter:innen der 20 Städte und 3 Kantone der Pilotstädte

In Absprache mit den Projektverantwortlichen beim BAFU wurde an einer Sitzung im März bestimmt, dass anstatt einer Umfrage und einer Begleitgruppe ein Webinar durchgeführt wird. Das Ziel des Webinars war, mit Fachpersonen aus der Verwaltung abzuklären, welche Tools / Arbeitsinstrumente aus dem Projekt zur Verfügung gestellt werden sollen, welche für die Vernetzungsplanung genutzt werden können. Ausserdem wurde geklärt, wie die Daten zur Verfügung gestellt werden sollen, damit sie in Planungsprozesse einfliessen können.

An das Webinar wurden Vertreter:innen aus den Bereichen Planung, Naturschutz und Grünflächen der 20 Städte eingeladen. Zusätzlich wurden Vertreter:innen der drei Kantone Luzern, St.Gallen und Zürich eingeladen. Diese Kantone wurden ausgewählt, da in diesen drei Kantonen, die Pilotstädte liegen. Am Online-Webinar vom Montag, 25. August 2025 haben insgesamt 23 Personen teilgenommen: 2 Vertreter:innen des BAFU, 1 Kantonsvertreter, 16 Städte-Vertreter:innen und 4 Vertreterinnen vom Projektteam StadtNatur.

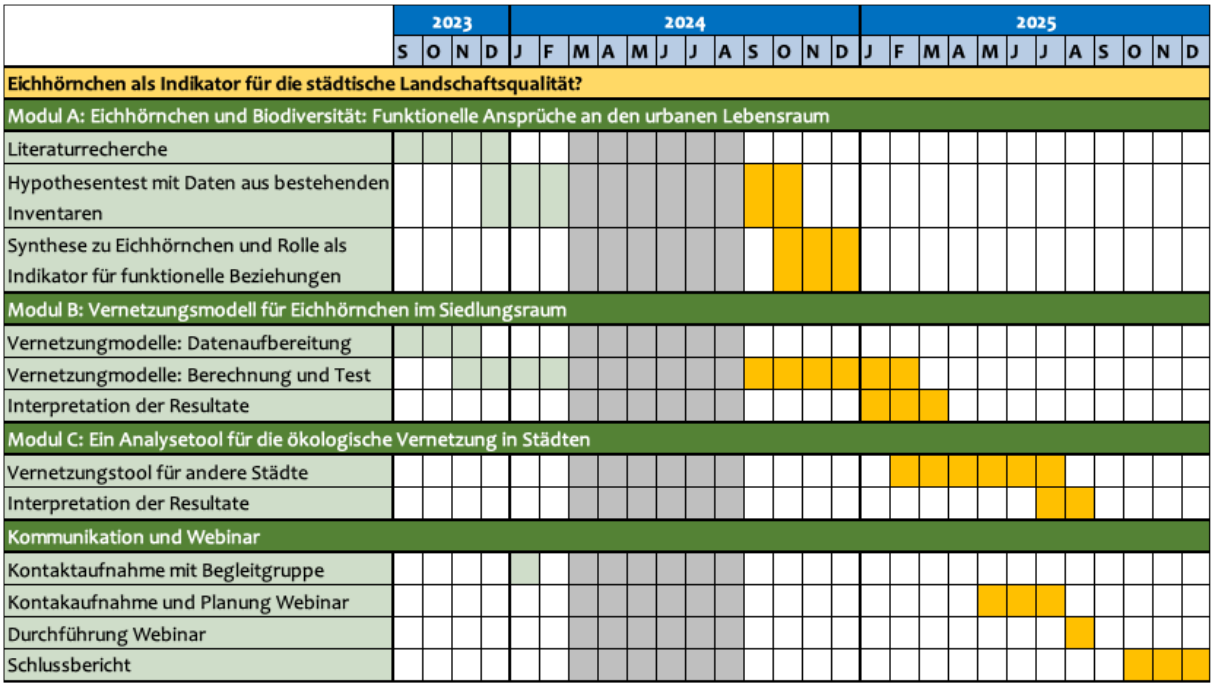
Zuerst wurden die Teilnehmenden von Johann Dupuis begrüsst, anschliessend stellte Anouk Taucher das Projekt mit den drei Projektteilen vor. In einem gemeinsamen Austausch wurde diskutiert, in welcher Form die Daten für die Städte zur Verfügung gestellt werden sollen. Über Mentimeter wurde dann über die Möglichkeiten abgestimmt. Bei der Abstimmung wurde von 14 Personen gewünscht, dass ihnen die GIS-Layer (mit den Lebensraumeignungskarten und den Vernetzungskorridoren) zur Verfügung gestellt werden. 2 Personen wünschten sich eine interaktive Onlinekarte und 1 Person war daran interessiert an einem potenziellen weiterführenden Projekt zum Vergleich der berechneten und bestehenden Korridore im Vernetzungsplan. Die gemeinsame Diskussion ergab ebenfalls, dass die GIS-Layer für die Teilnehmenden am besten nutzbar sind.

Fazit aus dem Webinar:

- Das Projektteam stellt allen Teilnehmenden eine Liste mit den Links zu den öffentlich verfügbaren Rohdaten, die im Lebensraumeignungsmodell als erklärende Variabeln verwendet wurden, zur Verfügung (Tabelle A1).
- Zum Projektabschluss (im ersten Quartal von 2026) wird der Schlussbericht mit dem Beschrieb des Vorgehens sowie die GIS-Layer (mit den Lebensraumeignungskarten und den Vernetzungskorridoren) allen Städten zugeschickt, für welche das Modell errechnet wurde.
- Weiterführende Arbeiten nach Projektabschluss sind möglich. Bei Interesse kann ein bilateraler Austausch stattfinden.

Die Resultate und ein Kurzbeschrieb des Projekts werden nach Projektabschluss auf der Webseite von StadtWildTiere publiziert.

6. Zeitplan und Etappenziele



Aufgrund des Mutterschaftsurlaubs der Projektleiterin, Anouk Taucher, wurde der Zeitplan angepasst.

6.1 Etappenziele

Arbeits-dauer / Termin	Arbeiten	Ergebnis	Aktueller Stand, Dezember 2025
Modul A: Eichhörnchen und Biodiversität: Funktionelle Ansprüche an den urbanen Lebensraum			
September – Dezember 2023	Literaturrecherche	Kurze Literaturübersicht und Literaturliste	erledigt
November 2023	Analyse der Lebensraumansprüche und Formulierung von Hypothesen bezüglich der funktionellen Beziehungen zum urbanen Lebensraum, Relevanz für andere Tierarten	Liste von Hypothesen	erledigt

Dezember 2024	Zusammentragen aller Daten, die als Grundlage für die Tests der Hypothesen dienen können	Datensammlung aus Zürich, Luzern und St.Gallen: • Fauna-Daten • Bauminventare • Lebensraum-daten (Biotoptypenkartierung)	erledigt
Dezember 2024 - April 2025	Hypothesentests zu Eichhörnchen und Biodiversität	Beschreibung der Testergebnisse	erledigt
April 2025	Synthese und Schlussfolgerungen aus der Literaturrecherche und den Hypothesentests	Kurzbericht: Synthese der Hypothesentests und Eignung des Eichhörnchens als Indikatorart für Aspekte der Biodiversität	erledigt
Modul B: Vernetzungsmodell für Eichhörnchen im Siedlungsraum			
November 2024- März 2025	Berechnung der Vernetzungsmodelle für Zürich, Luzern und St.Gallen	Vernetzungsmodelle für die drei Städte: Kurzbeschrieb der Modelle und Darstellung auf Karten	erledigt
Februar – April 2025	Prüfung des Vernetzungsmodells mit bestehenden Daten (z.B. Eichhörnchenbeobachtungsmeldungen und Lebensraumeignungsmodellen) und Optimieren des Modells	Optimiertes Modell für die drei Städte mit Darstellung auf Karten	erledigt
April - Juni 2025	Diskussion der Resultate aus den Modellberechnungen und Prüfung der Modelle, Schlussfolgerungen für ihre Anwendung	Schlussfolgerungen zu den Vernetzungsmodellen, Empfehlungen für ihre Anwendung: Aufzeigen von funktionierenden Vernetzungen und Defiziten bei der	erledigt

		ökologischen Vernetzung. Mögliche Aufwertungsmassnahmen	
Modul C: Ein Analysetool für die ökologische Vernetzung in Städten			
August – Dezember 2025	Übertragung des Modells soweit möglich auf 17 weitere Städte und Identifizierung von Hotspots und Lücken in den geplanten Vernetzungskorridoren	Berechnung der Vernetzungsmodelle für 17 weitere Schweizer Städte: Interaktive Karten mit Hotspots und Defiziten bei der ökologischen Vernetzung. Mögliche Aufwertungs-massnahmen	erledigt
Kommunikation und Webinar			
Mai 2025	In Kontakt treten mit je einem Vertreter oder einer Vertreterin der 20 Städte sowie Vertreter:innen der drei Kantone Luzern, St.Gallen und Zürich zur Organisation eines gemeinsamen Webinars.	Organisation Webinar	erledigt
August 2025	Durchführung eines Webinars mit den Städte- und Kantonsvertreter:innen, um herauszufinden, welches Produkt produziert und geteilt werden soll.	Durchführung Webinar	erledigt
Dezember 2025	Schlussbericht und Versand GIS-Layer an BAFU		erledigt
Frühjahr 2026	Versand des Schlussberichts und der GIS-Layer an die Städtevertreter:innen und Kantonsvertreter:innen (Luzern, St.Gallen und Zürich)	Städtespezifisches Produkt	Im ersten Quartal 2026

7. Literaturverzeichnis

Babińska-Werka, J., and Żółw, M. (2008). Urban Populations of the Red Squirrel (*Sciurus vulgaris*) in Warsaw. *Annales Zoologici Fennici* 45, 270–276. doi: 10.5735/086.045.0405

Baldock, K. C. R., Goddard, M. A., Hicks, D. M., Kunin, W. E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L. M., et al. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282. doi: 10.1098/rspb.2014.2849

Baschung, C. (2019). Eichhörnchen im städtischen Lebensraum. ZHAW Life Sciences und Facility Management.

Böll, S., Mahsberg, D., Albrecht, R., and K, P. M. (2019). Urbane Artenvielfalt fördern - Arthropodenvielfalt auf heimischen und gebietsfremden Stadtbäumen. *Naturschutz und Landschaftsplanung* 12, 576–583.

Bontadina, F., Gloor, S., and Hotz, T. (1993). Igel - Wildtiere in der Stadt. 68.

Bosch, S., and Lurz, P. W. W. (2011). *Das Eichhörnchen - Sciurus vulgaris*. VerlagsKG Wolf.

Campbell-Arvai, V. (2019). Engaging urban nature: improving our understanding of public perceptions of the role of biodiversity in cities. *Urban Ecosyst* 22, 409–423. doi: 10.1007/s11252-018-0821-3

Fey, K., Hämäläinen, S., and Selonen, V. (2016). Roads are no barrier for dispersing red squirrels in an urban environment. *Behavioral Ecology* 27, 741–747. doi: 10.1093/beheco/arv215

Flaherty, S., Patenaude, G., Close, A., and Lurz, P. W. W. (2012). The impact of forest stand structure on red squirrel habitat use. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 85, 437–444. doi: 10.1093/forestry/cps042

Fontana, S., Sattler, T., Bontadina, F., and Moretti, M. (2011). How to manage the urban green to improve bird diversity and community structure. *Landscape and Urban Planning* 101, 278–285. doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.02.033

Gloor, S., and Göldi Hofbauer, M. (2018). Der ökologische Wert von Stadtbäumen bezüglich der Biodiversität. *Jahrbuch der Baumpflege*, 33–48.

Gloor, S., Taucher, A. L., and Rauchenstein, K. (2021). Biodiversitätsindex 2021 für Stadtbäume im Klimawandel. SWILD Zürich.

Hämäläinen, S., Fey, K., and Selonen, V. (2018a). Habitat and nest use during natal dispersal of the urban red squirrel (Sciurus vulgaris). *Landscape and Urban Planning* 169, 269–275. doi: 10.1016/j.landurbplan.2017.09.011

Hämäläinen, S., Fey, K., and Selonen, V. (2018b). Habitat and nest use during natal dispersal of the urban red squirrel (Sciurus vulgaris). *Landscape and Urban Planning* 169, 269–275. doi: 10.1016/j.landurbplan.2017.09.011

Jokimäki, J., Selonen, V., Lehikoinen, A., and Kaisanlahti-Jokimäki, M.-L. (2017). The role of urban habitats in the abundance of red squirrels (Sciurus vulgaris, L.) in Finland. *Urban Forestry & Urban Greening* 27, 100–108. doi: 10.1016/j.ufug.2017.06.021

Kopij, G. (2014). Distribution and abundance of the Red Squirrel Sciurus vulgaris in an urbanised environment. *Acta Musei Silesiae, Scientiae Naturales* 63, 255–262. doi: 10.2478/cszma-2014-0022

Koprowski, J. L. (2005). The response of tree squirrels to fragmentation: a review and synthesis. *Animal Conservation* 8, 369–376. doi: 10.1017/S1367943005002416

Krauze-Gryz, D., and Gryz, J. (2015). A review of the diet of the red squirrel (Sciurus vulgaris) in different types of habitats. *Red squirrels: ecology, conservation & management in Europe*, 39–50.

Obrist, M. K., Sattler, T., Home, R., Gloor, S., Bontadina, F., Nobis, M., et al. (2012). Merkblatt für die Praxis Biodiversität in der Stadt – für Mensch und Natur. WSL.

O'Sullivan, O. S., Holt, A. R., Warren, P. H., and Evans, K. L. (2017). Optimising UK urban road verge contributions to biodiversity and ecosystem services with cost-effective management. *Journal of Environmental Management* 191, 162–171. doi: 10.1016/j.jenvman.2016.12.062

Posthumus, E. E., Koprowski, J. L., and Steidl, R. J. (2015). Red Squirrel Middens Influence Abundance but Not Diversity of Other Vertebrates. *PLOS ONE* 10, e0123633. doi: 10.1371/journal.pone.0123633

Prevedello, J. A., and Vieira, M. V. (2010). Does the type of matrix matter? A quantitative review of the evidence. *Biodivers Conserv* 19, 1205–1223. doi: 10.1007/s10531-009-9750-z

Reher, S., Dausmann, K. H., Warnecke, L., and Turner, J. M. (2016). Food availability affects habitat use of Eurasian red squirrels (Sciurus vulgaris) in a semi-urban environment. *Journal of Mammalogy* 97, 1543–1554. doi: 10.1093/jmammal/gyw105

Rima, P. C., Cagnin, M., Aloise, G., Preatoni, D., and Wauters, L. A. (2010). Scale-dependent environmental variables affecting red squirrel (*Sciurus vulgaris meridionalis*) distribution. *Italian Journal of Zoology* 77, 92–101. doi: 10.1080/11250000902766926

Salmond, J. A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbuthnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., et al. (2016). Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health* 15, S36. doi: 10.1186/s12940-016-0103-6

Schweizerische Gesellschaft für Wildtierbiologie, Graf, R., and Fischer, C. (2021). *Atlas der Säugetiere – Schweiz und Liechtenstein*., 1. Edition. Haupt.

Selonen, V., Fey, K., and Hämäläinen, S. (2018). Increased differentiation between individuals, but no genetic isolation from adjacent rural individuals in an urban red squirrel population. *Urban Ecosystems* 21, 1067–1074. doi: 10.1007/s11252-018-0794-2

Shannon, G., Valle, S., and Shuttleworth, C. M. (2023). Capturing red squirrels (Sciurus vulgaris) on camera: A cost-effective approach for monitoring relative abundance and habitat preference. *Ecology and Evolution* 13, e10536. doi: 10.1002/ece3.10536

Slade, A., White, A., Lurz, P. W. W., Shuttleworth, C., and Lambin, X. (2022). A temporal refuge from predation can change the outcome of prey species competition. *Oikos* 2022, e08565. doi: 10.1111/oik.08565

Threlfall, C. G., Williams, N. S. G., Hahs, A. K., and Livesley, S. J. (2016). Landscape and Urban Planning Approaches to urban vegetation management and the impacts on urban bird and bat assemblages. *Landscape and Urban Planning* 153, 28–39. doi: 10.1016/j.landurbplan.2016.04.011

Uchida, K., Suzuki, K., Shimamoto, T., Yanagawa, H., and Koizumi, I. (2016). Seasonal variation of flight initiation distance in Eurasian red squirrels in urban versus rural habitat. *Journal of Zoology* 298, 225–231. doi: 10.1111/jzo.12306

Verbeylen, G., De Bruyn, L., Adriaensen, F., and Matthysen, E. (2003). Does matrix resistance influence Red squirrel (Sciurus vulgaris L. 1758) distribution in an urban landscape? *Landscape Ecology* 18, 791–805. doi: 10.1023/B:LAND.0000014492.50765.05

Wauters, L. A., Gurnell, J., Martinoli, A., and Tosi, G. (2002). Interspecific Competition between Native Eurasian Red Squirrels and Alien Grey Squirrels: Does Resource Partitioning Occur? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 52, 332–341.

Wood, E. M., and Esaian, S. (2020). The importance of street trees to urban avifauna. *Ecological Applications* 30, e02149. doi: 10.1002/eap.2149

8. Anhang

A1 Öffentlich zugängliche Datenquellen

Tabelle A1: Übersicht der öffentlich zugänglichen Variabeln und den Links zu den Datenquellen der Lebensraumangaben.

Eine detaillierte Beschreibung und Herkunft der Datenlayer bzw. der Datenquellen wird über den jeweiligen Link ersichtlich.

Variable	Datenquelle mit Link	Auflösung
Produktivität der Grünflächen (NDVI)	https://yareta.unige.ch/archives/b6022b1c-1c59-4fc7-8a76-1b68c3c07dc7	25m x 25 m
Verkehrswege (Strassen / Gleise) → berechnet aus Habitat Map	https://www.envidat.ch/#/metadata/the-habitat-map-of-switzerland-v1-1	Polygon
Versiegelte Flächen → berechnet aus Habitat Map	https://www.envidat.ch/#/metadata/the-habitat-map-of-switzerland-v1-1	Polygon
Unversiegelte Flächen → berechnet aus Habitat Map	https://www.envidat.ch/#/metadata/the-habitat-map-of-switzerland-v1-1	Polygon
Gebäudeflächen → berechnet aus Habitat Map	https://www.envidat.ch/#/metadata/the-habitat-map-of-switzerland-v1-1	Polygon
Distanz zu Wald & grösseren Grünflächen → berechnet aus Habitat Map	https://www.envidat.ch/#/metadata/the-habitat-map-of-switzerland-v1-1	Polygon
Anteil Koniferen & Anteil Laubbäume	https://zenodo.org/records/10635551	25m x 25m
Gewässer → berechnet aus Habitat Map	https://www.envidat.ch/#/metadata/the-habitat-map-of-switzerland-v1-1	Polygon
Temperatur, aus dem SWECO25 Datensatz	https://zenodo.org/records/10635681	25m x 25m
Steigung, aus dem SWECO25 Datensatz	https://zenodo.org/records/10635539	25m x 25m
Aspect, aus dem SWECO25 Datensatz	https://zenodo.org/records/10635539	25m x 25m

Verkehrsvolumen: Personen-/Güterverkehr Strasse (2017)	https://data.geo.admin.ch/browser/index.html#/collections/ch.are.belastung-personenverkehr-strasse/items/belastung-personenverkehr-strasse?.language=en&.asset=asset-belastung-personenverkehr-strasse_2056.gpkg	Linienlayer
Verkehrsvolumen: Personenverkehr Schiene (2017)	https://data.geo.admin.ch/browser/index.html#/collections/ch.are.belastung-personenverkehr-bahn/items/belastung-personenverkehr-bahn?.language=en&.asset=asset-belastung-personenverkehr-bahn_2056.gpkg	Linienlayer
Bevölkerungsdichte (BFS, 2023)	https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken.assetdetail.32686751.html	100m x 100m
Einzelbäume (>5 Meter hoch) → berechnet aus dem swissTLM3D	https://www.swisstopo.admin.ch/de/landschaftsmodell-swisstlm3d	Punktelayer

A2: Citizen Science-Projekte «Eichhörnchen erforschen» der Meldeplattform StadtWildTiere

Die Meldeplattformen StadtWildTiere und Wilde Nachbarn des Vereins StadtNatur gingen 2013 online. Seither werden im Rahmen der Plattformen jährlich in verschiedenen Städten (StadtWildTiere-Projekte) und Regionen (Wilde Nachbarn-Projekte) Citizen Science-Projekte durchgeführt.

Präsenz- und Absenz-Daten von Eichhörnchen

In den Jahren 2018 und 2020 wurden in den drei Städten Zürich (2018), Luzern (2020) und St.Gallen (2020) Projekte zu Eichhörnchen, zu ihrer Verbreitung und ihrer Habitatnutzung durchgeführt. Für die Habitatnutzungsanalysen wurden kreisrunde Untersuchungsflächen mit einem Radius von 35m mit Eichhörnchen-Beobachtungen im Zentrum (Präsenzdaten) mit Untersuchungsflächen ohne Eichhörnchen-Beobachtungen (Absenz-Daten) verglichen. In den Gebieten ohne Eichhörnchen-Beobachtungen wurde mit Kleinplakaten und Aufrufen in der Bevölkerung aktiv aufgerufen, Eichhörnchen zu melden. Zudem wurde bei den Feldaufnahmen von Bäumen in den Gebieten nach Eichhörnchen-Spuren gesucht (angenagte Tannzapfen, angenagte Nüsse), um möglichst auszuschliessen, dass Eichhörnchen im Gebiet präsent waren.

Validierung der Meldungen von Eichhörnchen-Beobachtungen

Für die Bestimmung der Eichhörnchen-Untersuchungsflächen wurden validierte Beobachtungsmeldungen der Meldeplattform StadtWildTiere verwendet, welche auf einer online Karte punktgenau eingezeichnet worden waren. Als gesicherte Eichhörnchen-Nachweise wurden ausschliesslich Meldungen mit fotografischem Nachweis bezeichnet, über welchen die Meldung eindeutig als Eichhörnchen-Meldung bestätigt werden konnte. Die Validierung wurde von ausgewiesenen Säugetierspezialistinnen von SWILD durchgeführt. Die Daten wurden zudem mit validierten Eichhörnchen-Daten von info fauna (nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Fauna) ergänzt.

Datengrundlage der StadtWildTiere-Projekte

Zürich (2019): 146 Gebiete mit und 129 ohne Eichhörnchenbeobachtungen.
St. Gallen (2020): 91 Gebiete mit und 94 Gebiete ohne Eichhörnchenbeobachtungen.
Luzern (2020): 73 Gebiete mit und 87 Gebiete ohne Eichhörnchenbeobachungen.

Zitierte Projektberichte

Taucher A.-L., Gloor S. 2019. „Eichhörnchen erforschen“ - Ein Projekt zur Untersuchung von Eichhörnchen-Lebensräumen im Siedlungsgebiet. Interner Schlussbericht, Verein StadtNatur, 28 Seiten.

Taucher A.-L., Rauchenstein K., Gloor S. 2020. „Eichhörnchen und Stadtbäume“ - Ein Projekt zur Untersuchung von Eichhörnchen-Lebensräumen im Luzerner Siedlungsgebiet. Interner Schlussbericht, Verein StadtNatur, 33 Seiten.

Taucher A.-L., Rauchenstein K., Gloor S. 2020. „Eichhörnchen und Stadtbäume“ - Ein Projekt zur Untersuchung von Eich¬hörnchen-Lebensräumen im St.Galler Siedlungsgebiet. Interner Schlussbe¬richt, Verein StadtNatur, 32 Seiten.