

Dr. Martin K. Obrist,
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL
Biodiversität und Naturschutzbiologie
Zürcherstrasse 111
8903 Birmensdorf
martin.obrist@wsl.ch

An
Frau Danielle Hofmann
Abteilung Biodiversität und Landschaft
Sektion Wildtiere und Artenförderung
Bundesamt für Umwelt BAFU
3003 Bern
danielle.hofmann@bafu.admin.ch

Birmensdorf, den 30. November 2021

Projekt **Implementation nachtdunkler Fledermaus-Flugkorridore**

Abschlussbericht 2021

Vertrags-Nr. 16.0100.PJ / R423-1 858

Obrist, M.K.O. (2021) Projekt Implementation nachtdunkler Fledermaus-Flugkorridore. Abschlussbericht für das Bundesamt für Umwelt BAFU. WSL Birmensdorf, 30.11.2021, 11 pp.

Anhänge sind verfügbar unter <https://drive.switch.ch/index.php/s/YgjBL3x3vTM6ZNo/download>

1. Grundlagen

Unterstützt durch das BAFU bearbeitet eine Arbeitsgemeinschaft unter Leitung von Martin Obrist, WSL die Thematik von Fledermaus-Flugkorridoren, mit dem Ziel eine umfassende Visualisierung zu erhalten und erste Aufwertungsmassnahmen umzusetzen.

2. Projektziele

Das Projekt ist unterteilt in vier Module. Diese haben folgende Punkte zum Ziel:

1. Erstellen optimierter GIS-Modelle der Korridore unter Einbezug des Effektes von Kunstlicht, sowie Feldevaluation derselben.
2. Visualisierung der validierten Modelle als Karten für ca. 200 Prioritäre Wochenstuben von vier Nationalen Zielarten Fledermäuse.
3. Exemplarische Umsetzung des Schutzes von Flugkorridoren in zehn Gemeinden verschiedener Kantone, mit Dokumentation von bestem Vorgehen und möglicher Konfliktpunkte.
4. Evaluation von Umgebungsvariablen, die eine Modellierung von potentiellen Jagdlebensräumen von *Myotis myotis* im Wald ermöglichen.

Im Folgenden wird auf jedes der Module eingegangen

3. Geplante Arbeitsschritte

Im letzten Jahr des Projektes war geplant, die Arbeiten zum Einfluss des Kunstlichtes abzuschliessen. Ausserdem sollte die Visualisierung der Dunkelkorridore auf Kartengrundlagen, basierend auf den letzten aktualisierten Korridormodellen, in Angriff genommen werden. Schliesslich sollte auch die Umsetzung von Schutzmassnahmen soweit möglich einem Abschluss entgegen geführt und Schlussfolgerungen für die Umsetzung gezogen werden. Ein weiteres Ziel lag in der Aufarbeitung der bisherigen Arbeiten in Form von wissenschaftlichen Publikationen.

4. Durchgeführte Arbeiten 2021

4.1. Projektorganisation

Nachdem in den ersten Projektjahren gute Fortschritte erzielt worden waren, konnten wir uns im abschliessenden Jahr auf eine Optimierung der Grundlagen (Kunstlicht), auf die Aufbereitung der Stromflussmodelle zu planungsgerechten Korridorkarten und auf die Publikation der Korridorkarten auf dem VDC konzentrieren. Zudem konnte mit der Evaluation der Umsetzung des Korridorschutzes die Grundlagen gelegt werden für eine Integration der Dunkelkorridore auf Stufe Richtplan, Ökologischer Infrastruktur und kommunaler Nutzungsplanung, also für die Naturschutz-Praxis. Ausserdem konnte die Publikationstätigkeit verstärkt werden.

Das Arbeitsteam traf sich nach langer (Corona)-Pause im Juni zu einem Abgleich der bisherigen Erkenntnisse und der Besprechung ausstehender Arbeiten. Vor allem bilaterale Treffen wurden in der zweiten Jahreshälfte verstärkt, um eine koordinierte Umsetzung der Visualisierung der Fledermaus-Flugkorridore auf VDC zu planen. Innerhalb der Arbeitsgruppe ‚Modul III‘ übernahm Julia Schmid bei SWILD ab Juni 2021 die Mutterschaftsvertretung von Lucretia Deplazes, wobei sie bei der Erstellung des Berichtes von Dr. Claudia Kistler unterstützt wurde. Während des ganzen Jahres fanden intern verschiedene Besprechungen statt.

4.2. Evaluation nächtliches Kunstlicht (Modul I)

Aus Mangel an, aus der Fernerkundung verfügbaren, Daten zur Belastung der Umgebung von Fledermausquartieren durch Kunstlicht, haben wir 2020 eine Masterarbeit zur Erfassung desselben um ausgewählte Fledermausquartiere ausgeschrieben. Levi Fuchs hat diese Arbeit als Masterarbeit an der UZH angepackt und aus den erhobenen Daten einen deutlichen Einfluss des Lichtes auf die Modellierung der Flugkorridore zeigen können.

Neben den bereits bekannten Einflussfaktoren der Landschaft wie verschiedene Rauheitsgrade der Gesamtlandschaft, der Vegetation oder des Terrains zeigten sich weitere spannende Resultate: Das aus den Drohnenaufnahmen eruierte Kunstlicht erwies sich als stärkster negativ wirkender Faktor in beiden Modellen, dem von *Myotis myotis* und dem von *Rhinolophus hipposideros*.

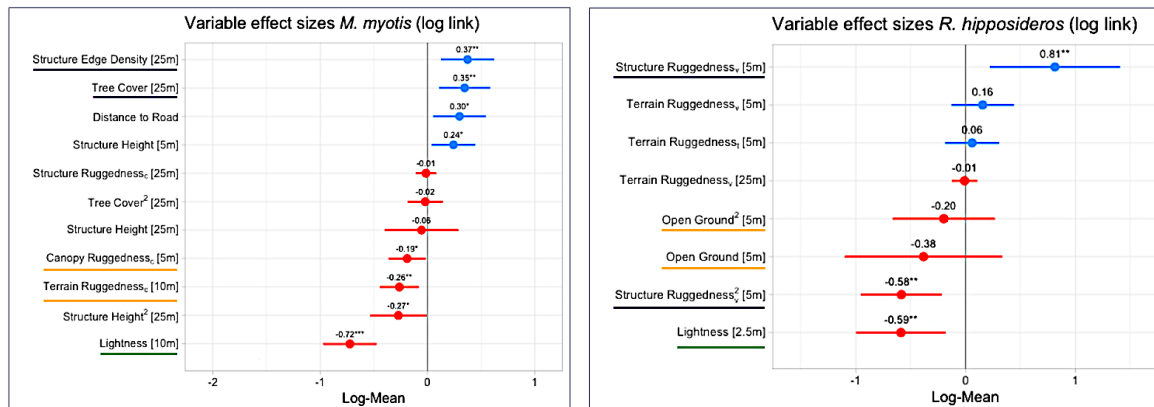


Abbildung 1:

Einflussgrösse verschiedener Umweltvariablen auf die Aktivität von *Myotis myotis* (links) und *Rhinolophus hipposideros* (rechts). Das Kunstlicht (Lightness) weist bei beiden Arten den stärksten negativen Effekt auf.

Bei *Rhinolophus hipposideros* zeigten allerdings die am Boden nach oben gemessenen Lux-Werte einen noch stärker negativen Effekt, als das aus 120 m Höhe aufgenommene Drohnenlicht (Tabelle 1, unten). Wir interpretieren das folgendermassen: Diese Art fliegt sehr tief und die am Boden erhobenen Lux-Messungen nach oben repräsentieren die resultierende direkte Lichtexposition durch Strassenlampen offenbar besser als die Drohnenaufnahmen, die eher die Reflektion des Lichtes vom Boden her messen.

Tabelle 1: Effektgrösse und Modellgüte (AICc) bei zusätzlichem Einbezug unterschiedlicher Lichtmasse (Blau-, Grün-, Rotanteil der Drohnenaufnahmen, Gesamthelligkeit (Lightness), am Boden gemessene Lichtwerte (Lux) und ohne Lichteinfluss, dargestellt für *Myotis myotis* (oben) und *Rhinolophus hipposideros* (unten). Modelle mit Unterschied im AICc von weniger als ≈ 2 gelten als gleichwertig (rote Rahmen).

Myotis myotis

Model (averaged)	Effect size of light/spectral predictor (β)	AICc	Rank
Blue band	-0.87355	1970.41 – 1972.40	1
Green band	-0.76656	1976.25 – 1978.12	2
Lightness	-0.72268	1977.37 – 1979.16	3
Red band	-0.66288	1980.91 – 1982.87	4
Lux	-0.70718	1981.84 – 1983.67	5
No Light	–	2009.82 – 2011.80	6

Rhinolophus hipposideros

Model (averaged)	Effect size of light/spectral predictor (β)	AICc	Rank
Lux	-1.40135	1393.27 – 1395.19	1
Red band	-0.58850	1398.10 – 1400.00	2
Green band	-0.55096	1398.64 – 1400.58	3
Lightness	-0.58935	1399.08 – 1401.07	4
Blue band	-0.62932	1401.68 – 1403.61	5
No Light	–	1407.53 – 1409.46	6

Bezüglich Lichtfarbe zeigte sich bei *Myotis myotis* der deutlich grösste Effekt durch Blaulicht, weniger von Grün, Rot oder Lux (Tabelle 1, oben). Diese Art scheint also vor allem durch den Blauanteil des Spektrums

beeinträchtigt zu werden. Bei *Rhinolophus hipposideros* zeigte sich kein eindeutiger Effekt der Lichtfarbe, möglicherweise weil diese Art bereits enorm lichtscheu ist und zu wenig Datenpunkte der versch. Lichtqualitäten vorlagen, um eine statistische Signifikanz zu erreichen.

Obschon sich ein starker und signifikanter statistischer Effekt des Lichtes auf die Korridormodelle nachweisen liess, zeigten sich in den entsprechenden Karten erst bei Detailbetrachtung Unterschiede. Diese konnten am besten durch eine Differenzkarte visualisiert werden, indem die Werte der Modelle ohne Berücksichtigung von Licht von den Modellen unter Berücksichtigung von Licht abgezogen werden. In diesen Differenzkarten wird Verminderung des Stromflusses durch Licht (in blauer Farbe) und Verstärkung des Stromflusses durch den Einbezug von Licht (in roter Farbe) dargestellt (Abbildung 2). Im dargestellten Fall von Veltheim konnte dieser Effekt durch die Masterarbeit von Antonia Nater (2019) in Feldarbeiten bestätigt werden (Abbildung 3). Die Tiere flogen weniger direkt entlang den westlichen beleuchteten Strassen und wichen eher in Richtung Nordosten aus. Dieses Verhalten wurde auch vom Kantonalen Fledermausschutz-Beauftragten (Andreas Beck) bestätigt.

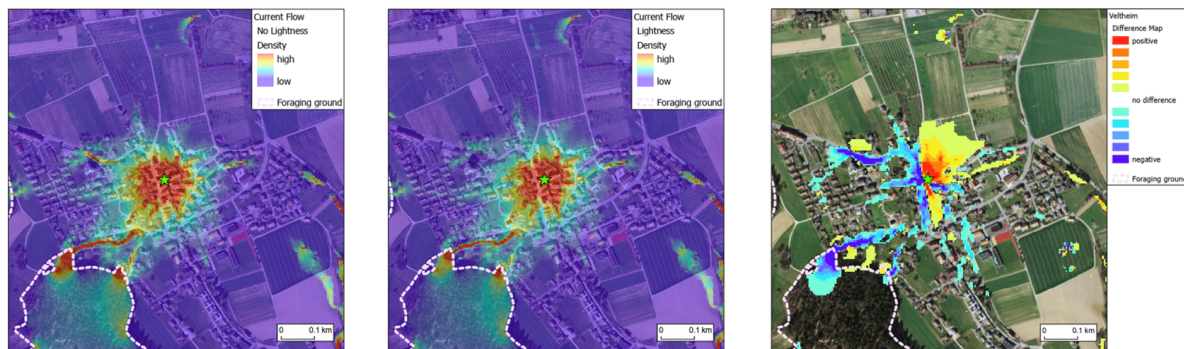


Abbildung 2:

Flugkorridormodell (Stromfluss vom Quartier durch eine Widerstandskarte zum Wald) am Beispiel von Veltheim. Links wird der Stromfluss ohne Einfluss von Licht dargestellt. Das Bild in der Mitte zeigt den Stromfluss unter Berücksichtigung des mit einer Drohne erhobenen Kunstlichtes. Das rechte Bild zeigt die Differenzkarte der beiden Werte des Modells 'Mit Licht' minus Werte des Modells 'Ohne Licht'.

Aus dieser Relativierung der Modelle kann man als Fazit ziehen, dass die Stromflusskarten ohne Berücksichtigung der Lichtverschmutzung alleine nicht als Grundlage für die Umsetzung übergeben werden sollten. Ein entsprechendes Folgeprojekt '*Expertenvvalidierung GIS-berechnete Flugkorridore*' zur Validierung abstrahierter Korridorpolygone durch ortskundige Experten (KFB/CR und/oder Quartierbetreuende) befindet sich in der Startphase (siehe auch Kapitel 4.3).

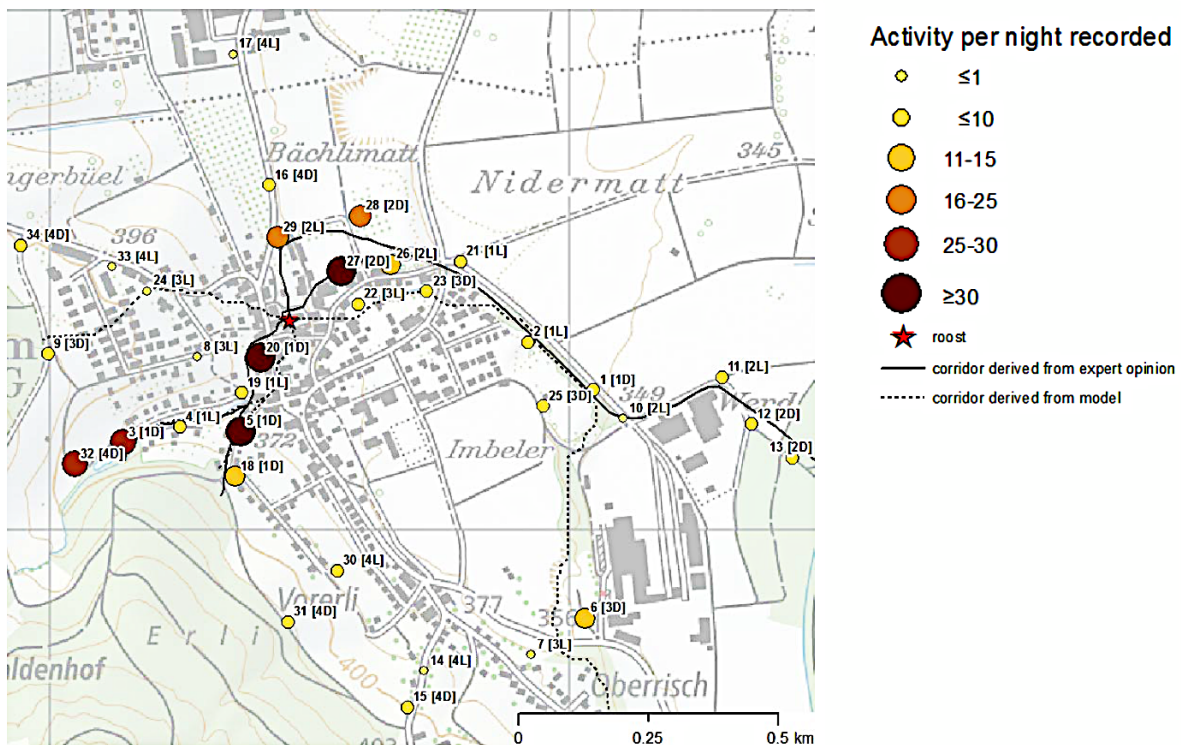


Abbildung 3:

Messungen der Aktivitäten von *Myotis myotis* an Erhebungspunkten in Veltheim aus den Erhebungen von Antonia Nater (2019). Die Tiere verfolgen weniger die durch das Modell vorgeschlagene Route (gestrichelt) und weichen eher entlang der vom Experten (Andreas Beck) bezeichneten Route aus, welche auch die Lichtemissionen einbezog. Die trotz Beleuchtung starke Aktivität am westlichen Rand des Aufnahmegebietes könnte durch den dort liegenden Teich bedingt sein.

Levi Fuchs schloss seine Masterarbeit mit dem Titel „Modelling the effects of artificial light at night (ALAN) on bat commuting corridor models“ im Mai 2021 bei Dr. Eva Knop an der Universität ZH ab (Fuchs 2021, vgl. Anhang). Levi Fuchs arbeitet noch bis Ende 2021 daran, seine Masterarbeit im Rahmen eines Berufseinstiegspraktikums in eine Form zu bringen, die in einem wissenschaftlichen Journal eingereicht werden kann (z.B. Remote Sensing in Ecology and Conservation).

Schlussbemerkung zu Remote Sensing Daten:

Der Versuch, über die Firma ‚Apollo Mapping‘ (<https://apollomapping.com>) kommerziell verfügbare nächtliche RGB-Bilder des Satelliten ‚Jilin-1‘ zu erhalten, ist leider gescheitert. Der Lieferant sah sich ausserstande, von auch nur einem kleinen Gebiet in den Voralpen genügend Bilder in wolkenfreiem Zustand liefern zu können. In der Zwischenzeit scheint allerdings mit ‚LaTelescope‘ (<https://www.latelescop.fr>) ein Anbieter aus Frankreich Daten des entsprechenden Satelliten bis im Sommer 2022 für die Kantone FR, VD und GE zu liefern.

4.3. Korridorkarten für National Prioritäre Quartiere (Modul II)

Aufbauend auf den Felderhebungen von Thomas Ravessoud (2017) und Tina Meier (2019) wurde in mehreren Iterationsschritten die endgültige Berechnung der Korridorkarten festgelegt. Die Arbeiten von Levi Fuchs (2021) erlaubten schliesslich ein Modell zu rechnen unter Einschluss des Faktors Kunstlicht.

Automatisierte Scripts für die Berechnung der Flugkorridore für arbiträre Standorte, und der automatischen Erstellung entsprechender Karten wurden von Klaus Ecker programmiert. Dabei wurden nun neben aktualisierten Datengrundlagen (TLM, LiDAR, Vegetationshöhenmodell, etc.) auch die aktuellsten Modelle

verwendet (Fuchs 2021), die auch den Faktor Licht ins Modell einbinden, um zu verhindern, dass andere Umweltvariablen diesen Effekt 'zu erklären versuchen'. Da für die National Prioritären Quartiere keine Lichtkarten vorliegen, musste der Parameter Kunstlicht bei der Modellierung der Karten für die Visualisierung auf dem VDC jedoch weggelassen werden. Die Anwendung dieses Modells erschliesst potentiell aber auch die Möglichkeit, dass zu einem späteren Zeitpunkt bei Vorliegen von satellitengestützten Daten zum Kunstlicht, dieser Faktor mit einbezogen werden könnte. Es ist nun wichtig zu beachten, dass damit aktuell 'nachtdunkle' Korridore ausgewiesen werden; das Licht wurde ausgeklammert. Die Bedeutung eines solchen Korridors kann massiv vermindert sein, wenn er in der Nacht beleuchtet wird. Insgesamt liegen nun Stromfluss-Karten für 247 Quartiere vor, die potentielle Fledermaus-Flugkorridore darstellen (Abbildung 4).

Diese Korridorkarten für die National Prioritären Quartiere der Arten *Myotis myotis* (teilweise Mischkolonien mit *Myotis blythii*), *Plecotus macrobullaris*, *Plecotus austriacus*, *Plecotus sp.*, *Rhinolophus ferrumequinum* und *Rhinolophus hipposideros* wurden mit dem finalen Modell (4.2) gerechnet. Dabei wurden für *Myotis myotis* das entsprechende Modell der Art eingesetzt, für alle anderen Arten das Modell, das für *Rhinolophus hipposideros* gefittet wurde. Dies aus der Überlegung, dass die Art *Myotis myotis* ein etwas anderes Flug- und Echoortungsverhalten zeigt, als die restlichen Arten, die alle sehr manövrierfähig und meist bodennah fliegen und auf sehr kurze Distanz orten.

An einigen Standorten wurden beide Modelle gerechnet, weil in einem Quartier mehrere Arten nachgewiesen werden können. Weil für die Darstellung die Quartiercodes als Labels verwendet werden, lassen sich diese 'Doppelspurigkeiten' aber für die Anwendenden eindeutig erkennen.



Abbildung 4:

Beispiel einer Stromflusskarte für Marthalen (ZH), welche potentielle Fledermaus-Flugkorridore indiziert (links). Das Potential nimmt von Gelb zu Rot kontinuierlich zu. Potentielle Verengungen, also kritische Stellen der Korridore (Tiefrot) werden so verdeutlicht. Überlagerung der abstrahierten Korridorpolygone (rechts, blau). Einzelne 'Äste' der Korridore können im Virtuellen Datenzentrum (VDC) oder auf Ausdrucken durch die Nutzenden ausgewählt und bei der Evaluation kommentiert werden gemäss dem Folgeprojekt «Expertenvalidierung GIS-berechnete Flugkorridore».

Die Karten aufgrund der Stromflussmodelle benötigen nun eine Bewertung durch Experten. Am Beispiel des Kantons Zürich wurden 12 Karten bereits vollständig auf eine Testversion des VDC aufgeschaltet. Die Aufschaltung aller restlichen 235 Karten (bisher erst Stromflusskarten) wurde von Klaus Ecker zusammen mit dem VDC ebenfalls implementiert. Im Rahmen des Folgeprojektes 'Expertenvalidierung GIS-berechnete Flugkorridore' erarbeiten Fachpersonen nun abstrahierte Korridor-Polygone (Abb. 4, rechts, dunkelblau), die dann den Kantonalen Fledermausschutz-Beauftragten (KFB) zur Weiterverarbeitung und Kommentierung zugänglich gemacht werden sollen. Die Korridor-Polygone werden mit Fortgang des Folgeprojektes

sukzessive auf dem VDC zugeschaltet. Die KOF beantragt bei den Kantonen entsprechende Zugangsrechte für alle KFBs, das CCO diejenigen für die CR der Westschweiz. Nur verifizierte Korridore sollen schliesslich den Kantonen für die Richtplanung zur Verfügung gestellt werden.

4.4. Umsetzung von nachtdunklen Fledermaus-Flugkorridoren (Modul III)

Ausgehend von den Erkenntnissen der Evaluation des Lichteinflusses (4.2.) werden Anleitungen zur Interpretation der Karten ausgearbeitet. Diese werden auch für die Umsetzung von Bedeutung sein. Die aufgrund der Modelle berechneten Flugkorridorkarten der Wochenstubenkolonien der National Prioritären Zielarten sollten exemplarisch in verschiedenen Gemeinden in der Praxis als durchgehende, nachtdunkle Strukturen geschützt und gefördert werden, insbesondere auch im Sinne einer Ökologischen Infrastruktur durch den Siedlungsraum (Trames noirs). Die Kantone werden dabei von KOF/CCO und den KFB/CR bei der Integration der Flugkorridore in die regionalen Konzepte der Ökologischen Infrastruktur unterstützt.

In insgesamt 10 Gemeinden aus 9 verschiedenen Kantonen wurden bisher bereits Umsetzungsarbeiten initiiert. Ein gesonderter Bericht der entsprechenden Arbeitsgruppe liegt diesem Abschlussbericht als integraler Teil bei (SWILD 2021a; SWILD 2021b, vgl. Anhänge 1 und 2).

Zusammenfassung des gesonderten Berichtes (SWILD 2021a, vgl. Anhang 1):

Bisher bestehen kaum Erfahrungen, wie der Schutz von Flugkorridoren von Fledermäusen umgesetzt werden soll. Im Modul III des Projekts «Implementation nachtdunkler Fledermaus-Flugkorridore» sollte deshalb ein Vorgehen für die Praxis erarbeitet werden, wie diese Dunkelkorridore konkret gesichert werden können. Die Ziele dieses Moduls waren, die modellierten Fledermausflugkorridore für die planerische Sicherung kartografisch darzustellen, Schutz- und Fördermassnahmen der Fledermausflugkorridore in 10 Gemeinden exemplarisch umzusetzen sowie die Erkenntnisse und Problemlösungen für die Umsetzung von Dunkelkorridoren zusammenfassend darzustellen (Kapitel 2). In einem Leitfaden für die Praxis wird aufgezeigt, wie nachtdunkle Flugkorridore für Fledermäuse geschaffen und gesichert werden können (SWILD 2021b, vgl. Anhang 2).

Insgesamt 10 Wochenstuben des Grossen Mausohrs (*Myotis myotis*: 7 Kolonien) und der Kleinen Hufeisennase (*Rhinolophus hipposideros*: 3 Kolonien) wurden in unterschiedlichen Kantonen ausgewählt. Das Vorgehen, nachtdunkle Fledermausflugkorridore zu implementieren, umfasste fünf Schritte: (1) die kartografische Visualisierung der Modelle der Flugkorridore, (2) die Grundlagen für die Priorisierung von Dunkelkorridoren in Rücksprache mit dem Kantonalen Fledermausschutz (KFB) zu erarbeiten, (3) die funktionellen Schlüsselstellen (Leitstrukturen, Lichtquellen) und die Stakeholder zu identifizieren, (4) die raumplanerische Verankerung der Dunkelkorridore zu initiieren sowie (5) Massnahmen an Schlüsselstellen, die zur Verbesserung und der langfristigen Sicherung der Korridorfunktion führen, operativ umzusetzen.

An den 10 exemplarischen Standorten wurden total 41 Flugkorridore als Dunkelkorridore für die Planung festgelegt. Für die Auswahl der Dunkelkorridore haben sich zusätzliche lokale Studienarbeiten oder spezifische bioakustische Aufnahmen als wertvoll erwiesen und bei allen Koloniestandorten waren die Erfahrungen der Quartierbetreuenden bzw. der KFB entscheidend für die endgültige Festlegung. Insgesamt wurden auf den Begehungen als funktionelle Schlüsselstellen bei den Leitstrukturen 116 Elemente und 81 Konfliktstellen beim Kunstlicht erfasst.

Auffällig ist, wie heterogen die Einschätzungen bezüglich einer erfolgreichen planerischen Umsetzung der Dunkelkorridore in den Kantonen sind. Eine grundsätzliche Hürde ist, dass das Instrument «Dunkelkorridor» in der Raumplanung bisher nicht existiert. Einzig der Kanton Schaffhausen hat die Flugkorridore als Spezialfall eines Wildtierkorridors in die kantonale Raumplanung aufgenommen. Verschiedene Kantone

wollen die Dunkelkorridore als Teil der «Ökologischen Infrastruktur» in die Raumplanung integrieren. Zudem besteht in einigen Kantonen ein Schutz auf Ebene Nutzungsplanung der Gemeinde oder im Rahmen von Vernetzungsprojekten. In Bezug auf die Umsetzung von Massnahmen, die das Kunstlicht reduzieren, bietet sich ebenfalls ein heterogenes Bild. Verschiedene Massnahmen wie intelligente Beleuchtungssysteme, gerichtete Leuchten oder Bewegungsmelder sind in einigen Gemeinden bereits umgesetzt. Auch Massnahmen, die einfacher umzusetzen sind, wie zum Beispiel Abschirmungen von einzelnen Leuchten oder die zeitgesteuerte Dimmung und Abschaltung von Fassadenbeleuchtungen können für andere Gemeinden als gute Beispiele dienen. Wichtig sind Beratungen, der Einbezug von Lichtplanern sowie Sensibilisierungsveranstaltungen, die vom KFB mit der Gemeinde geplant werden.

Das in diesem Modul beispielhaft entwickelte Vorgehen, zeigt erprobte Wege für die Umsetzung von Dunkelkorridoren auf. Allerdings waren die Bedingungen in den Gemeinden sehr unterschiedlich. Dies macht den Prozess von der Erfassung der Grundlagen bis zur Umsetzung der Massnahmen komplex. Daher werden die einzelnen Schritte in einem Leitfaden (SWILD 2021b, vgl. Anhang 2) beschrieben und der Praxis zugänglich gemacht. Generell muss festgehalten werden, dass die Kunstlichtsituation und der Zustand der Leitstrukturen in allen Gemeinden verbessert und der Schutz der Dunkelkorridore zwingend langfristig gesichert werden müssen. Das aufgegleiste Tool, das die abgeleiteten Dunkelkorridore in der nationalen Datenbank des VDC aufnimmt, stellt einen entscheidenden Schritt dar, dass das Instrument «Dunkelkorridor» in der Raumplanung berücksichtigt wird.

Nach Rücksprache mit den entsprechenden Medienstellen an der WSL wird geplant, diese Umsetzungsarbeiten in Form eines 'Merkblattes für die Praxis' zu publizieren (<https://www.wsl.ch/de/publikationensuchen/merkblatt-fuer-die-praxis.html>).

4.5. Modellierung der Waldeignung als Jagdhabitat von *Myotis myotis* (Modul IV)

Die Erarbeitung von Waldeignungsmodellen wurden durch Katja Rauchenstein (2020) in ihrer Masterarbeit unter Mithilfe von Klaus Ecker abgeschlossen. Ein Beispiel ist in Abbildung 5 dargestellt.

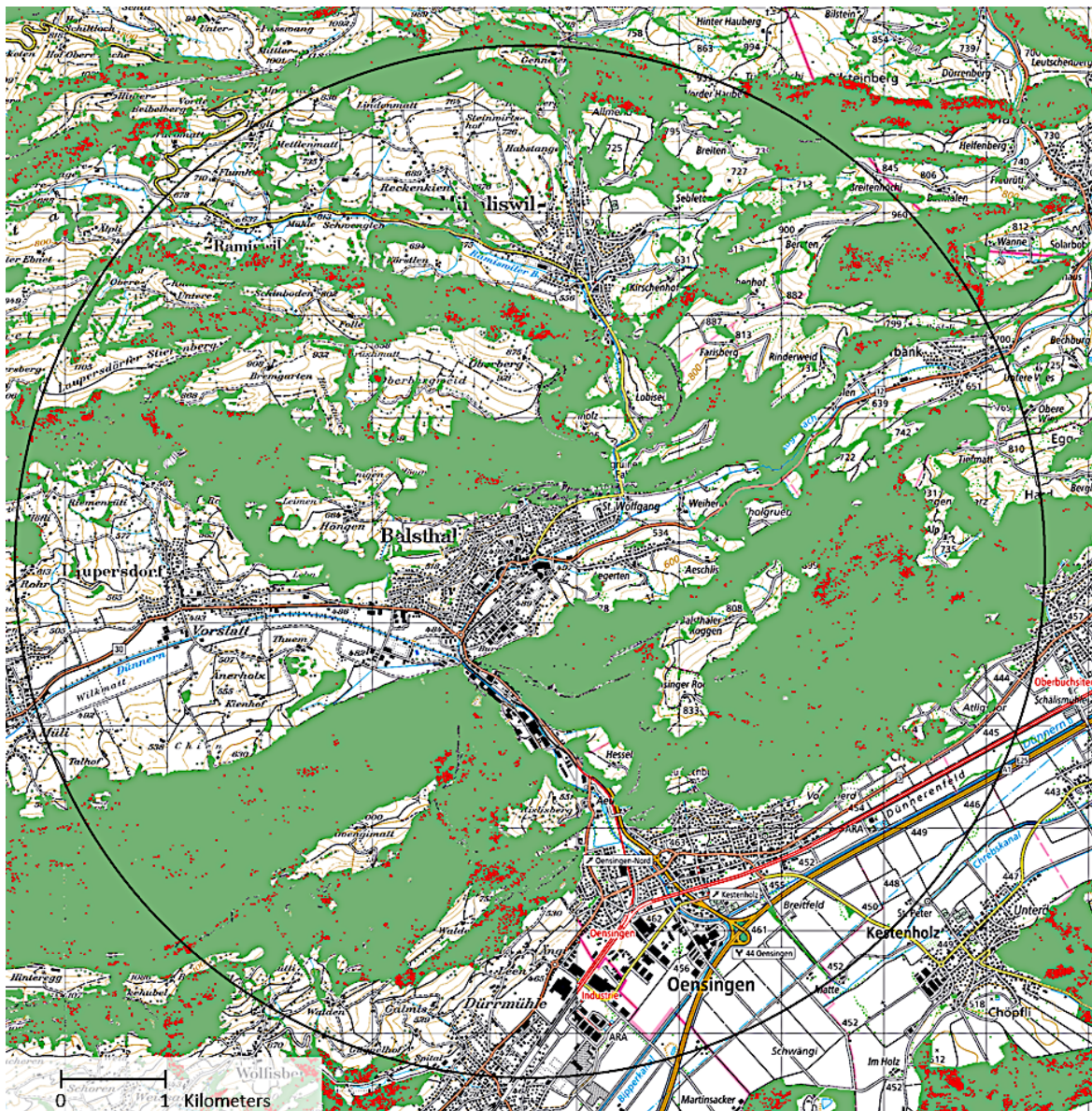


Abbildung 5:

Darstellung der vorhergesagten Eignung von Waldstücken für die Jagd von *Myotis myotis* mit Markierung eines 5 km Radius um das Quartier in Balsthal. Waldflächen sind grün, für das Grosse Mausohr geeignete Waldgebiete sind rot eingezeichnet. Die berechneten Einzelpixel haben eine Kantenlänge von 12.5 m.

Eine entsprechende wissenschaftliche Publikation befindet sich kurz vor Einreichen beim Journal 'Biological Conservation'.

Parallel wurde das ergänzende Projekt (ausserhalb dem eigentlichem Projektrahmen) «Jagdlebensräume des Grossen Mausohrs» abgeschlossen, welches den Rückgang geeigneter Jagdlebensräume dokumentiert und durch Schulung von Forstmitarbeitenden und Folgeprojekten (Synergien Förderung des Waldlaubsängers; konkrete Umsetzungen) die Jagdlebensräume der Mausohren fördern soll (Bader, Güttinger & Krättli 2021, vgl. Anhang 4).

4.6. Analyse der langjährigen Populationszählungen von *Myotis myotis* (ebenfalls ausserhalb eigentlichem Projektrahmen)

Bei der Evaluation der Quartiere des Grossen Mausohrs, sei es für Lichterhebungen oder für die Umsetzung reifte die Idee, deren langjährige Monitoringdaten einer genaueren Analyse möglicher Treiber von Zu- oder abnahmen der Populationsstärken zu unterziehen. Julia Schmid untersuchte dazu in ihrer Masterarbeit an der ETH Zürich die Zählzeiten von 83 Kolonien von *Myotis myotis*. Dabei betrachtete sie sowohl zeitliche Populationstrends in Zehnjahresschritten, als auch den Zustand der Populationen sowie evtl. zeitlich verzögerte Reaktionen der Populationsgrössen auf Veränderungen von Umweltparametern. Letztere leitete sie ab aus Angaben der Arealstatistik, aus Wetterdaten, aus grossräumigen Messungen des Kunstlichtes durch Satelliten sowie aufgrund neuartiger Berechnungen zum Insektizideintrag in der Landwirtschaft. Julia Schmid schloss ihre Masterarbeit im Mai 2021 unter der Leitung von Klaus Ecker und Martin Obrist bei Rolf Holderegger an der ETH Zürich ab (Schmid 2021, vgl. Anhang).

Julia Schmid fand ebenfalls einen deutlich negativen Effekt des Kunstlichtes, hier vor allem auf den Populationstrend. Ausserdem zeigte sich ein deutlicher Time-Lag Effekt: Die aktuellen Populationsgrössen werden besser erklärt durch den Zustand der Landschaft vor 10 bis 20 Jahren, als durch die aktuelle Landschaft! Dies unterstreicht wiederum die Bedeutung von sehr langfristigen Schutzmassnahmen für diese langlebige Fledermausart.

Für das Projektteam

Fabio Bontadina, Lucretia Deplazes, Julia Schmid, Claudia Kistler (SWILD)
Hubert Krättli, Tommy Andriollo (KOF / CCO)
Klaus Ecker, Martin Obrist (WSL)



Martin Obrist

Birmensdorf, 30.11.2021

5. Anhänge

Wegen ihrem grossen Umfang werden die folgenden Anhänge via SWITCHdrive verlinkt:

<https://drive.switch.ch/index.php/s/YgjBL3x3vTM6ZNo>

oder direkter Download:

<https://drive.switch.ch/index.php/s/YgjBL3x3vTM6ZNo/download>

1. Evaluation der Umsetzung von nachtdunklen Fledermaus-Flugkorridoren. Teilbericht Modul III. (SWILD 2021a)
2. Leitfaden für die Implementierung von nachtdunklen Flugkorridoren für Fledermäuse. (SWILD 2021b)
3. a-f Masterarbeiten von Thomas Ravessoud (2017), Antonia Nater (2019), Tina Meier (2019), Katja Rauchenstein (2020), Julia Schmid (2021) und Levi Fuchs (2021) als PDF.
4. Abschlussbericht - Jagdlebensräume des Grossen Mausohrs *Myotis myotis* – KOF. (Bader, Güttinger & Krättli 2021)

6. Referenzen

- Bader, E., Güttinger, R. & Krättli, H. (2021) Jagdlebensräume des Grossen Mausohrs *Myotis myotis*. Evaluation von Lebensraumverlusten und Umsetzung langfristiger Massnahmen zu Schutz und Förderung dieser National Prioritären Zielart. Abschlussbericht zuhanden des BAFU. pp. 25.
- Fuchs, L. (2021) Modelling the effects of artificial light at night (ALAN) on bat commuting corridor models. Master Thesis, University of Zurich.
- Meier, T. (2019) Challenging the predictive power of flight corridor models for bats. Master Thesis, ETH Zürich.
- Nater, A. (2019) Evaluating methods to predict commuting flyways of Greater mouse-eared bats (*Myotis myotis*): Do corridors represent ecological infrastructure networks? Master Thesis, ETH Zürich.
- Rauchenstein, K. (2020) Forests suitable for Greater Mouse-eared Bat's (*Myotis myotis*) foraging. Master Thesis, University of Zurich.
- Ravessoud, T. (2017) Finding a method to predict the commuting activity of bats. Masters Thesis, University of Lausanne.
- Schmid, J. (2021) Drivers of population trends in Greater Mouse-eared Bats *Myotis myotis* at a landscape level. Master Thesis, ETH Zürich.
- SWILD (2021a) Evaluation der Umsetzung von nachtdunklen Fledermaus-Flugkorridoren. Teilbericht Modul III aus dem Projekt «Implementation nachtdunkler Fledermaus-Flugkorridore» für das Bundesamt für Umwelt BAFU. Zürich. pp. 70.
- SWILD (2021b) Leitfaden für die Implementierung von nachtdunklen Flugkorridoren für Fledermäuse. Teilbericht aus dem Projekt «Implementation nachtdunkler Fledermaus-Flugkorridore» für das Bundesamt für Umwelt BAFU. Zürich. pp. 22.