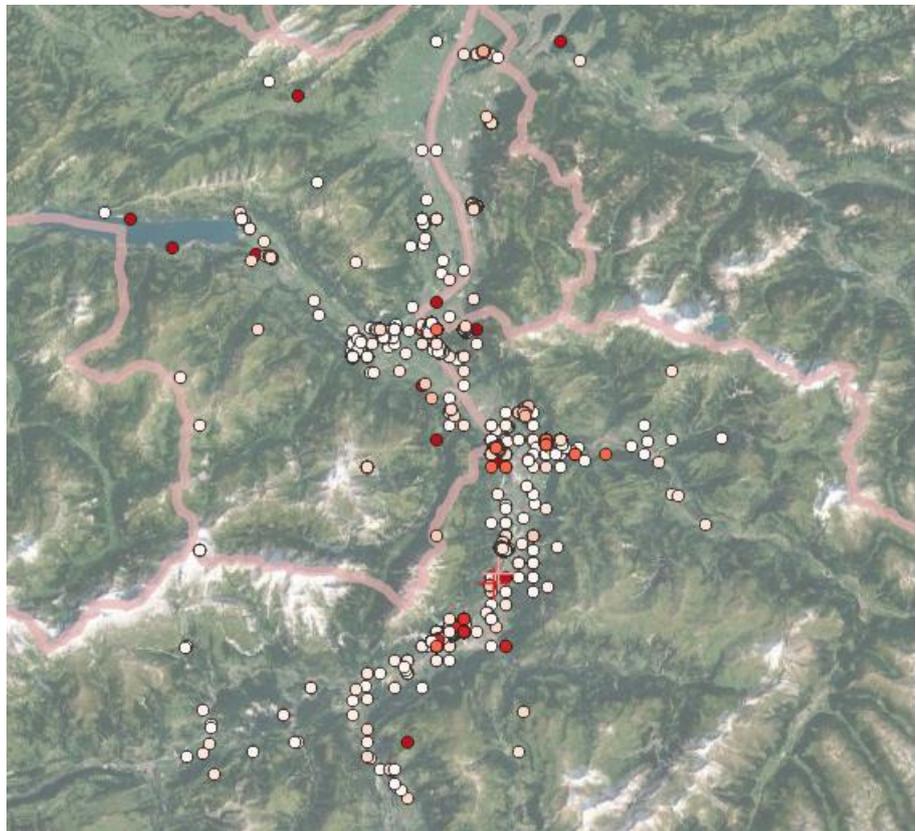


## WINDENERGIEANLAGE OLDIS II



15.12.2023

Fachgutachten Uhu

## Impressum ARNAL, Büro für Natur und Landschaft AG

### Berichtsredaktion

Wild, Stefan, BSc in Umweltingenieurwesen, ZHAW

### Themenleitung

Wild, Stefan, BSc in Umweltingenieurwesen, ZHAW, Spezialisierung Feldornithologie

### Projektbearbeitung

Bandelmann, Talisa, MSc in Ökologie, Spezialisierung Feldornithologie

Wild, Stefan, BSc in Umweltingenieurwesen, ZHAW, Spezialisierung Feldornithologie

Berichtsstatus	Aktualisierung	
Einreichung Bericht	15.12.2023	
Entwurf extern	07.12.2023	
Entwurf intern	16.11.2023	24.11.2023
Rasterdatum	20.06.2023	

Dokumentenpfad: M:\Projekte\204.02 Calandawind\_OldisII\_Uhugutachten\Bericht\Bericht \_231215.docx



**INHALT**

1	Ausgangslage / Auftrag .....	4
2	Grundlagen.....	5
2.1	Verwendete Literatur .....	5
3	Methodik.....	7
4	Ergebnisse .....	9
4.1	Uhu-Vorkommen im Untersuchungsgebiet .....	9
4.2	Todesursachen .....	9
4.3	Modell .....	11
4.4	Leslie-Matrix .....	12
4.5	Vergleich Schaub et al. (2010) / Marti & Jenny (2021) .....	12
5	Diskussion & Fazit.....	13
	Anhang .....	14

## 1 AUSGANGSLAGE / AUFTRAG

Die Calandawind AG plant, in der Geländekammer Oldis bei Haldenstein (GR) eine zweite Windenergieanlage (WEA), Oldis II, zu errichten. Die neue Anlage soll die seit 2013 betriebene erste Anlage (Oldis I) ergänzen. Für das Vorhaben besteht eine UVP-Pflicht, wofür im Zeitraum Februar 2021 bis Oktober 2021 durch die ARNAL AG ornithologische Erhebungen (Brutvögel, Zugvögel, Uhu) im näheren Umkreis der Anlagen durchgeführt wurden. Bezüglich Methodik und Ergebnisse dieser Erhebungen wird auf das ornithologische Fachgutachten (ARNAL, dat. 16.03.2022) sowie den Umweltverträglichkeitsbericht (Stauffer & Studach Raumentwicklung, November 2023) verwiesen.

Im Rahmen der ornithologischen Untersuchungen wurden auch Erhebungen des Uhus (*Bubo bubo*) durch die ARNAL AG durchgeführt. Dabei konnten im Projektperimeter, welcher einen Umkreis von 5 km um die geplante Windenergieanlage umfasst, an mehreren Standorten rufende Uhus festgestellt werden. Hierbei wurde auch der Brutplatz Oldis, welcher sich knapp 700 m von der geplanten Anlage Oldis II im Oldiswald befindet, identifiziert. Die Projektinitianten der Calandawind AG führten folglich nach Bekanntwerden des Brutstandorts in Bezug auf das Uhu-Vorkommen mehrere Gespräche mit dem Amt für Jagd und Fischerei Graubünden (AJF). Das Vorhaben ist nach Ansicht des AJF einer Interessensabwägung zugänglich, sofern aufgezeigt werden kann, dass das Vorhaben zu keiner Beeinträchtigung des Gesamtbestandes im regionalen Umfeld führt (vgl. Stauffer & Studach Raumentwicklung, Aktennotiz v. 8.11.2021 bzw. Nachtrag AJF v. 6.12.2021). Es forderte deshalb in der Besprechung vom 8. November 2021 unter anderem vertiefte Abklärungen zum Uhu-Bestand im regionalen Kontext.

Die ARNAL, Büro für Natur und Landschaft AG wurde von der Calandawind AG damit beauftragt, diese vertieften Abklärungen zum Uhu-Bestand auszuarbeiten.



## 2 GRUNDLAGEN

Der Kanton Graubünden verzeichnet grosse Uhu-Bestände. Von diesen wird ein Teil im Rahmen des Uhu-Monitorings Graubünden kartiert, wobei lediglich im Engadin von einer kompletten Erfassung der Bestände ausgegangen werden kann. Für den Rest des Kantons, inklusive dem Teil des Untersuchungsgebiets im Kanton Graubünden, werden nicht alle vorhandenen Uhu-Vorkommen gemeldet, weshalb von einer grösseren Population ausgegangen wird.

Für die Ausarbeitung des Gutachtens wurden vorhandene Daten zu Uhu-Vorkommen im Untersuchungsgebiet zusammengetragen. Die Daten stammen vom Uhu-Experten Adrian Aebischer (Allgemeine Situation Uhus), dem Liechtensteiner Ornithologen Georg Willi (Vorkommen Fürstentum Liechtenstein), der Schweizerischen Vogelwarte Sempach (Punktgenaue Vorkommen in der Region), der Regionalstelle Graubünden der Vogelwarte (Daten Uhu-Monitoring), dem Bündner Naturmuseum, dem Amt für Jagd und Fischerei Graubünden sowie dem Amt für Natur, Jagd und Fischerei St. Gallen (Todesursachen Uhus).

### 2.1 VERWENDETE LITERATUR

- ANU (Amt für Natur und Umwelt des Kantons Graubünden. (2023). *Biodiversität in Graubünden. Zustandsanalyse Lebensräume, Artenvielfalt, genetische Vielfalt, Vernetzung. Grundlagenbericht für die Biodiversitätsstrategie Graubünden.*
- Jenny, D. (2011). Bestandsentwicklung und Bruterfolg des Uhus *Bubo bubo* im Engadin. *Der Ornithologische Beobachter*, 108(3), 233–250.
- Kéry, M., & Schaub, M. (2011). *Bayesian Population Analysis using WinBUGS. A Hierarchical Perspective.*
- Leslie, P. H. (1945). On the Use of Matrices in Certain Population Mathematics. *Biometrika*, 33(3), 183–212.
- Marti, P., & Jenny, D. (2021). *Uhu Monitoring Graubünden 2021.* Schweizerische Vogelwarte, Ornithologische Arbeitsgruppe Graubünden.
- McDonald, D. B., & Caswell, H. (1993). Matrix methods for avian demography. *Current Ornithology*, 10, 139–185.
- Schaub, M., Aebischer, A., Gimenez, O., Berger, S., & Arlettaz, R. (2010). Massive immigration balances high anthropogenic mortality in a stable eagle owl population: Lessons for conservation. *Biological Conservation*, 143(8), 1911–1918.
- Schaub, M., Gimenez, O., Sierro, A., & Arlettaz, R. (2007). Use of Integrated Modeling to Enhance Estimates of Population Dynamics Obtained from Limited Data. *Conservation Biology*, 21(4), 945–955.

## 2.2 UNTERSUCHUNGSGEBIET

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Region Haldenstein sowie das Bündner und St. Galler Rheintal. Es reicht von der Rheinschlucht im Süden bis zum Fürstentum Liechtenstein im Norden (vgl. Abbildung 1).

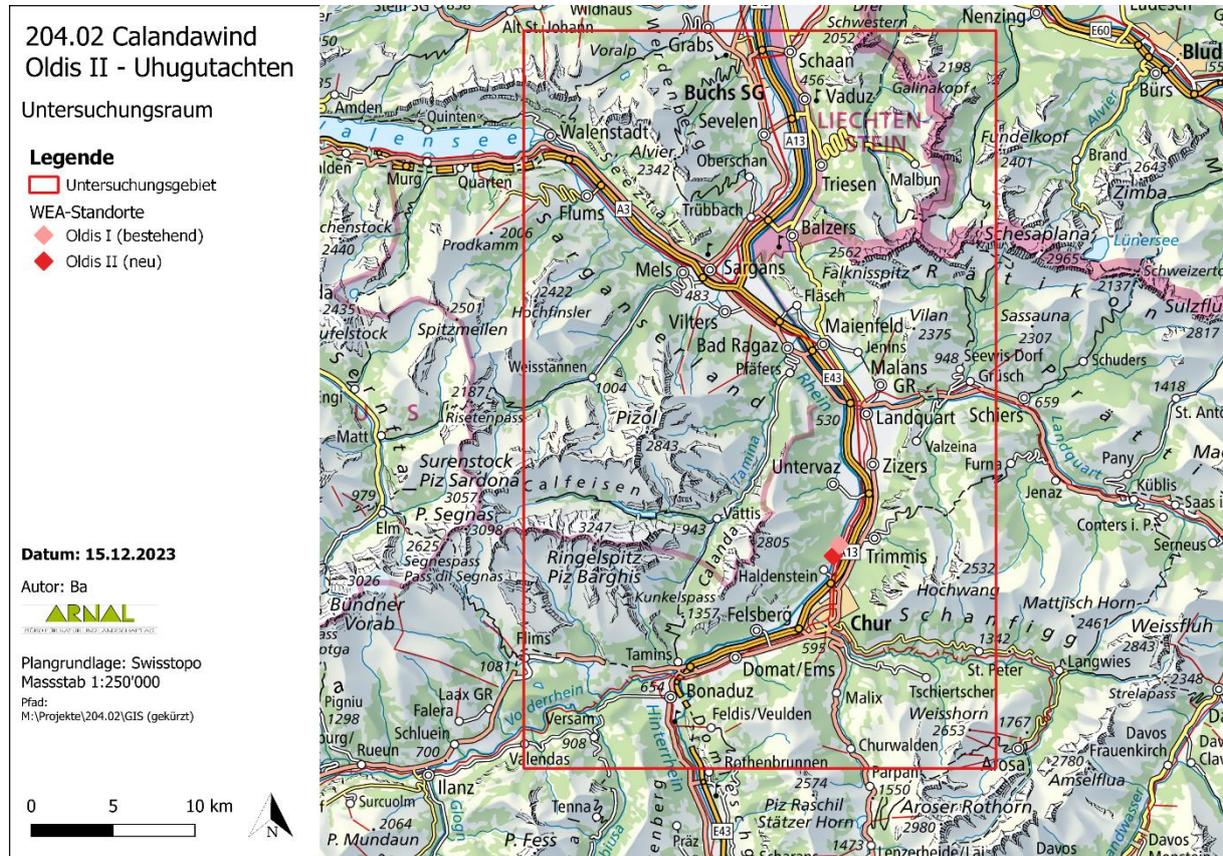


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet für die Abklärungen zum Uhu-Bestand im regionalen Kontext.

### 3 METHODIK

Die Abklärungen zum Uhu-Bestand im regionalen Kontext sollen auf bestehenden Daten der ornithologischen Arbeitsgruppe Graubünden sowie den Daten der Vogelwarte Sempach, welche seit Jahren ein Uhu-Monitoring durchführen, basieren. Die bezogenen Daten sollen in ein Modell integriert werden, welches die Situation der Uhus in der Region möglichst gut widerspiegelt. Mithilfe des Modells sowie der vorhandenen Daten soll geprüft werden, inwiefern eine hypothetisch veränderte Mortalität aufgrund der WEA die Population beeinflussen kann. Die gesammelten Informationen zu den regionalen Uhu-Vorkommen (vgl. Kapitel 2) werden mittels des Geoinformationssystems «QGIS» (Version 3.28 «Firenze») auf einer Karte dargestellt. Sie werden in Bezug zu der geplanten Windenergieanlage «Oldis II» gesetzt. Es wird von der annahmenbasierten Hypothese einer erhöhten, durch die WEA verursachten Mortalität ausgegangen.

Für eine Beurteilung der Uhu-Population im Untersuchungsgebiet sollen zudem mit einem Modell mögliche Auswirkungen einer hypothetisch erhöhten Mortalität der regionalen Uhus abgeschätzt werden. Als Arbeitsgrundlage dient neben den in Kapitel 2 genannten Daten das integrierte Populationsmodell von Schaub et al. (2010), welches für eine Walliser Population im Zeitraum zwischen 1998 und 2018 erarbeitet wurde. Die statistischen Annahmen werden von der genannten Publikation entnommen (Kapitel 2.6, Formeln (1) – (6)). Das Buch «Bayesian Population Analysis using WinBUGS» (Kéry & Schaub, 2011) wird zur Umsetzung der Modellierung zur Hilfe genommen. Es werden, wo möglich, die Daten vom Uhu-Monitoring Graubünden bzw. dem Bündner Naturmuseum verwendet. Weil für die untersuchte Population unter anderem keine Telemetriedaten vorhanden sind, werden diese vom bestehenden Walliser Modell übernommen. Die Modellierung erfolgt mithilfe des Statistikprogramms R (Version 4.3.1) bzw. der Entwicklungsumgebung RStudio (Version 2023.06.0 «Mountain Hydrangea») sowie WinBUGS (Version 1.4.3), einem Programm für Bayessche Modellierungen. Für die Theorie bzw. bereits vorhandene Arbeiten zu integrierten Populationsmodellen wird auf z.B. Schaub et al. (2007) verwiesen.

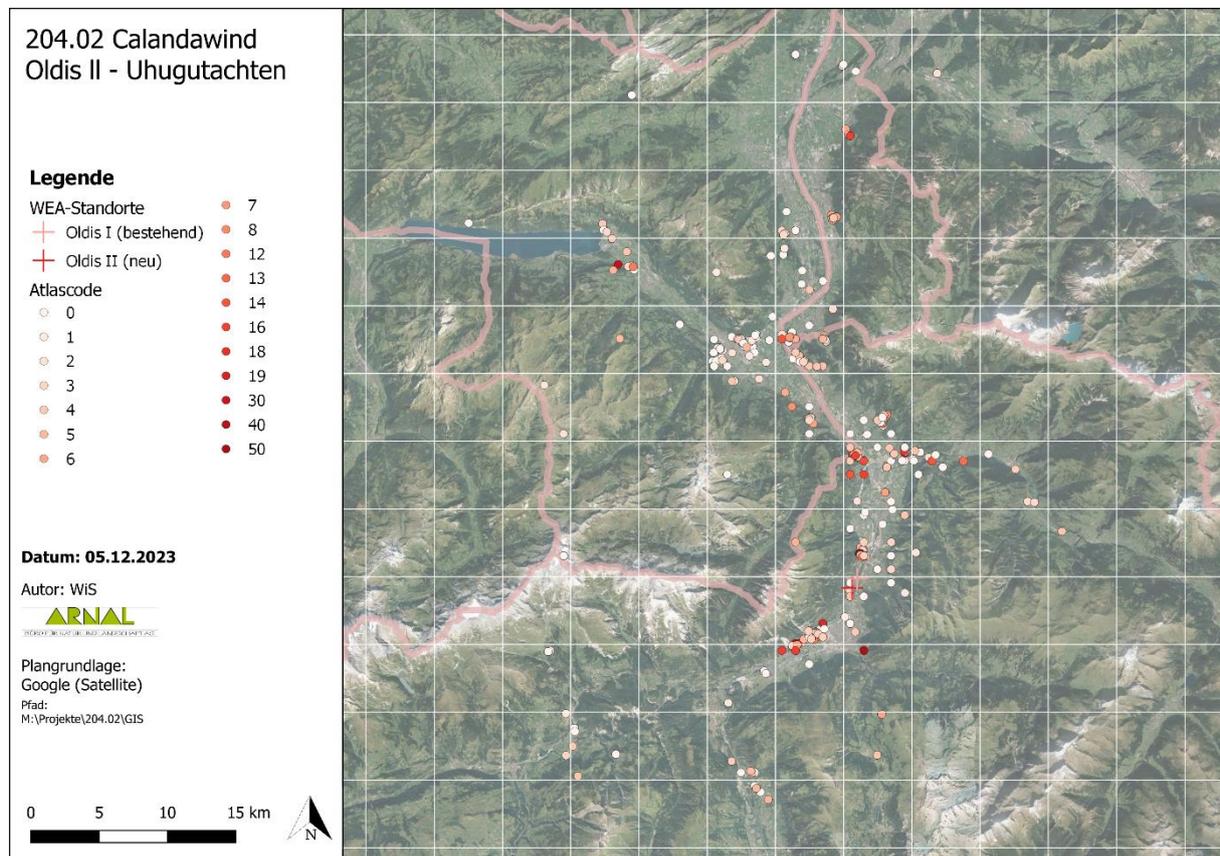
Die aus der Modellierung erhaltenen Daten werden in eine Leslie-Matrix (Leslie, 1945) eingefügt, mithilfe welcher aufgezeigt werden soll, wie sich eine hypothetisch erhöhte Mortalität aufgrund der WEA auf das Populationswachstum der Region auswirken könnte. Eine Leslie-Matrix ermöglicht die Analyse des Populationswachstums unter Berücksichtigung von aktueller Populationsgrösse, Geburtenraten, Sterberaten sowie Immigration über mehrere Generationen. Weitere, zur Erarbeitung und Einordnung der Resultate verwendete Quellen sind unter Kapitel 2.1 aufgeführt.

$$\begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{pmatrix} (t+1) = \begin{pmatrix} F_1 & F_2 & F_3 & 0 \\ P_1 & & & \\ & P_2 & & \\ & & P_3 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \\ n_4 \end{pmatrix} (t)$$

Abbildung 2: Leslie-Matrix mit der zukünftigen Populationsgrösse verteilt auf die Altersklassen  $n_1-n_4(t+1)$ , der Produktivität pro Generation ( $F_1-F_3$ ), der Überlebensrate pro Generation ( $P_1-P_3$ ) sowie der aktuellen Populationsgrösse verteilt auf die Altersklassen  $n_1-n_4(t)$ . Quelle: McDonald & Caswell (1993).

Weil für den in diesem Bericht berücksichtigte Region ausserhalb des Kantons Graubünden keine systematischen Uhu-Kartierungen stattfinden, wie es beim Uhu-Monitoring Graubünden der Fall ist, müssen Annahmen für die Anzahl der sich in der Region aufhaltenden Uhus getroffen werden. Grundlage dafür sind die von der Vogelwarte bezogenen Daten zu Uhu-Nachweisen in einem 40 km Radius um die geplante WEA Oldis II. Diese werden weiter gefiltert auf die Jahre 2013-2022, da für diesen Zeitraum eine ähnliche Datenverfügbarkeit besteht. Da aufgrund der vorhandenen Daten nicht sicher

gesagt werden kann, ob es sich bei den Nachweisen um effektive Brutreviere handelt, müssen diesbezüglich Annahmen getroffen werden. Zur Bestimmung der Anzahl Reviere pro Jahr wird ein Gitter mit einem horizontalen und vertikalen Abstand von je 5 km über dem Untersuchungsgebiet erstellt (vgl. Abbildung 3). Für jedes Jahr wird die Anzahl Reviere neu bestimmt. Jedes Quadrat mit Nachweis gilt dabei jeweils als ein Revier. Für die Berechnungen mittels Leslie-Matrix werden die Annahmen in Tabelle 1 verwendet. Um die Situation betreffend Uhu-Mortalität besser einordnen zu können, sollen vorhandene Kenntnisse zu Totfunden in der Region sowie der gesamten Schweiz aufgezeigt werden.



**Abbildung 3: Übersicht über die Uhu-Nachweise im Untersuchungsgebiet von 2013-2022. Atlascodes: 0 = Keine Angabe; 1-3, 30 = Mögliches Brüten; 4-10, 40 = Wahrscheinliches Brüten; 11-19, 50 = Sicheres Brüten.**

**Tabelle 1: Datengrundlage und Datenherkunft.**

Daten	Beschrieb	Grundlage
Anzahl Reviere	1 Revier pro 5 x 5 km Quadrat mit Nachweis	Mittelwerte aus bestehender Literatur zum Uhu betreffend Reviergrößen und Bruterfolg.
Anzahl Bruten	Jeweils 80 % der Reviere	
Anzahl Juvenile (mind.)	Jeweils Anzahl Bruten * 1.75	
Totfunde / Todesursachen	Informationen zu Totfunden (u.a. vermutete Todesursache, Fundort, Geschlecht, Alter) seit 1874 im Kanton Graubünden, kombiniert mit Daten von Totfunden aus der ganzen Schweiz.	Bündner Naturmuseum / Amt für Jagd und Fischerei Graubünden / Schaub et al. (2010)
Telemetriedaten	Telemetriedaten von 41 Jungvögeln aus der Walliser Population im Zeitraum 2002-2008	Schaub et al. (2010)

## 4 ERGEBNISSE

### 4.1 UHU-VORKOMMEN IM UNTERSUCHUNGSGBIET

Der von der Schweizerischen Vogelwarte verwendete Datensatz beinhaltet 2'169 Nachweise, welche aus den Jahren 1985 bis 2022 stammen. Für die berücksichtigten Jahre 2013-2022 werden 1'272 Nachweise berücksichtigt, welche wiederum auf die einzelnen Jahre heruntergebrochen werden. Über alle Jahre resultieren im Untersuchungsgebiet 32 unterschiedliche Reviere.

**Tabelle 2: Übersicht über die festgelegte Anzahl Reviere sowie die daraus abgeleiteten Werte Anzahl Bruten und Anzahl Nestlinge.**

Jahr	Besetzte 5km-Quadrate	Anz. Bruten	Anz. Nestlinge
2013	13	10	18
2014	14	11	20
2015	16	13	22
2016	18	14	25
2017	13	10	18
2018	15	12	21
2019	10	8	14
2020	18	14	25
2021	15	12	21
2022	15	12	21

### 4.2 TODESURSACHEN

Die berücksichtigten Daten zu Uhu-Totfunden zeigen, dass ein grosser Anteil an Todesfällen durch Stromschläge verursacht wurden. Je nach Quelle betragen diese zwischen 15.8 % bis 50.0 %. Gem. Jenny (2011) handelte es sich bei den Totfunden jeweils bei der einen Hälfte um adulte Tiere und bei der anderen Hälfte um Jungvögel. Bis auf die Resultate von Jenny (2011) und des ANJF war die Mehrzahl der Todesfälle auf Stromschläge zurückzuführen.

**Tabelle 3: Todesursachen von 130 berücksichtigten Totfunden von Uhus.**

Quelle	Todesursache	Anzahl Tiere	
		Anzahl	Anteil (%)
<b>Amt für Jagd und Fischerei (2019-2023, Kanton GR)</b>	Kollision (Strassenverkehr)	4	28.6 %
	Kollision (Bahnverkehr)	2	14.3 %
	Kollision (Leitung)	1	7.1 %
	Stromschlag	7	50.0 %
	Total	14	100 %
<b>Bündner Naturmuseum (1874-2015, Kanton GR)</b>	Kollision (Strassenverkehr)	6	6.5 %
	Kollision (Bahnverkehr)	5	5.4 %
	Kollision (Leitungen)	6	6.4 %
	Tellereisen / Fuchsfalle	4	4.3 %
	Andere unnatürliche Todesursachen	3	3.2 %
	Stromschlag	19	20.4 %
	Unbekannt*	50	53.8 %
	Total	93	100.0 %



Quelle	Todesursache	Anzahl Tiere	
<b>Schaub et al. (2010)</b> (1988-2008, gesamte Schweiz)	Kollision (Strassenverkehr)	31	22.5 %
	Kollision (Bahnverkehr)	15	10.9 %
	Kollision (Leitungen)	14	10.1 %
	Verhungert	18	13.0 %
	Stromschlag	51	37.0 %
	Unbekannt	9	6.5 %
	Total	138	100.0 %
<b>Jenny (2011)</b> (2005-2016, Engadin)	Kollision (Strassenverkehr)	5	19.2 %
	Kollision (Bahnverkehr)	11	42.3 %
	Stromschlag	5	19.2 %
	Unbekannt	2	7.7 %
	Natürlich	3	11.6 %
	Total	26	100.0 %
<b>Amt für Natur, Jagd und Fischerei</b> (2003 – 2023, Kanton SG)	Kollision (Strassenverkehr)	7	36.8 %
	Kollision (Bahnverkehr)	2	10.5 %
	Stromschlag	3	15.8 %
	Andere unnatürliche Todesursachen	1	5.3 %
	Natürlich	1	5.3 %
	Unbekannt	5	26.3%
	Total	19	100.0 %

\*Bei 6 der Totfunde sind Hinweise für eine natürliche Todesursache (abgemagerte Tiere) vorhanden. Für die restlichen Funde sind keine Hinweise zur Todesursache vorhanden. Die Fundwahrscheinlichkeit von natürlich verendeten Uhus gilt als geringer als bei durch Menschen verursachte Todesfälle (Schaub et al., 2010).



### 4.3 MODELL

Die Modellierung konnte die Tendenz der Uhus im Untersuchungsgebiet insgesamt gut widerspiegeln und dient somit als gute Grundlage für eine Abschätzung von veränderten Mortalitätsraten (vgl. Kapitel 0). Gemäss Modell liegt die jährliche Wachstumsrate der Uhu-Population bei 1.01, die Überlebensrate bei 0.652 (adulte Tiere), 0.549 (immature Tiere) bzw. 0.0872 (juvenile Tiere). Gemäss Modell erfolgt pro Brutpaar eine Immigration von 1.25 weiblichen Tieren pro Jahr. Die Produktivität (Anzahl Jungtiere pro Weibchen und Jahr) beträgt gemäss Modell 1.77 (vgl. Tabelle 4).

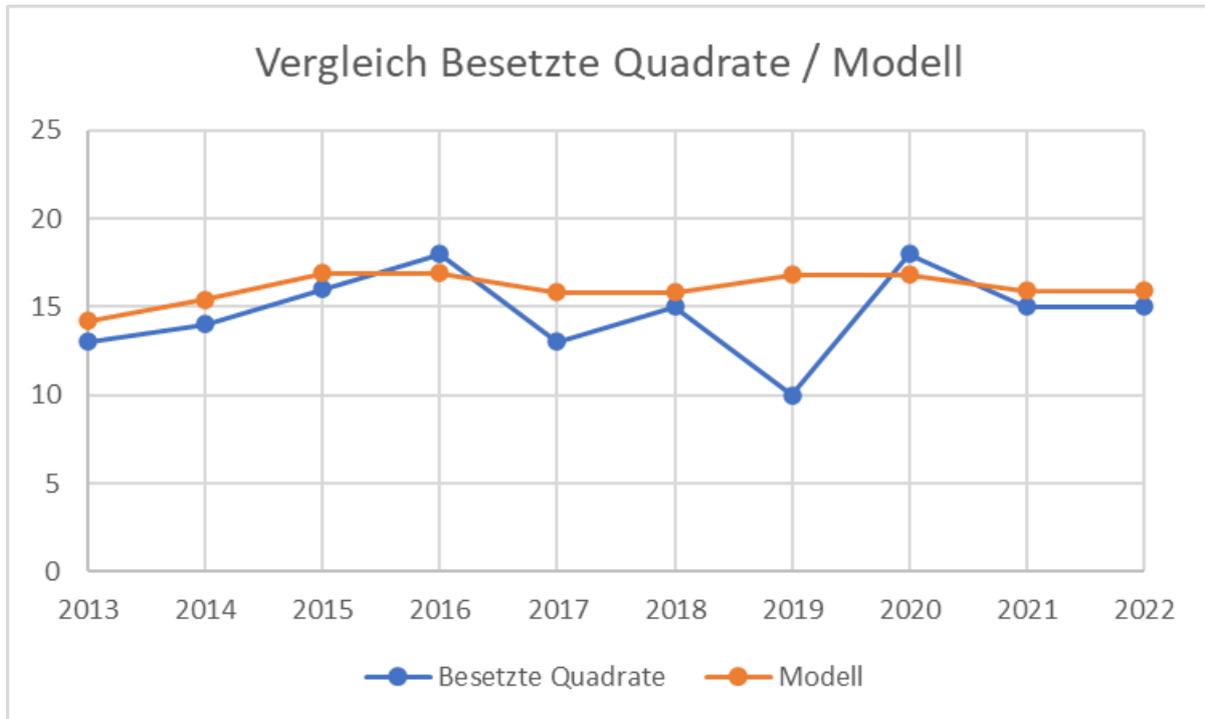


Abbildung 4: Gegenüberstellung des Uhu-Modells und des Uhu-Monitorings Graubünden.

Tabelle 4: Ergebnisse aus der Modellierung.

Variable	Modellierter Wert (Mittelwerte)
Überlebensrate Juvenile Tiere	0.0872
Überlebensrate immature Tiere	0.549
Überlebensrate adulte Tiere	0.652
Wachstumsrate Population	1.01
Produktivität	1.77
Immigration	1.25



#### 4.4 LESLIE-MATRIX

Mit den aus dem Modell erhaltenen Werten wurden mögliche Auswirkungen auf die Population bei einer Erhöhung der Mortalität aufgrund der WEA Oldis II abgeschätzt. Die Mortalität wurde schrittweise um 1 Individuum pro Jahr erhöht, bis das Populationswachstum von einer positiven Entwicklung ( $>1$ ) zu einer negativen Entwicklung ( $<1$ ) übergeht. Diese Schwelle wurde bei 4 zusätzlichen Todesfällen aufgrund der WEA Oldis II erreicht (vgl. Abbildung 5).

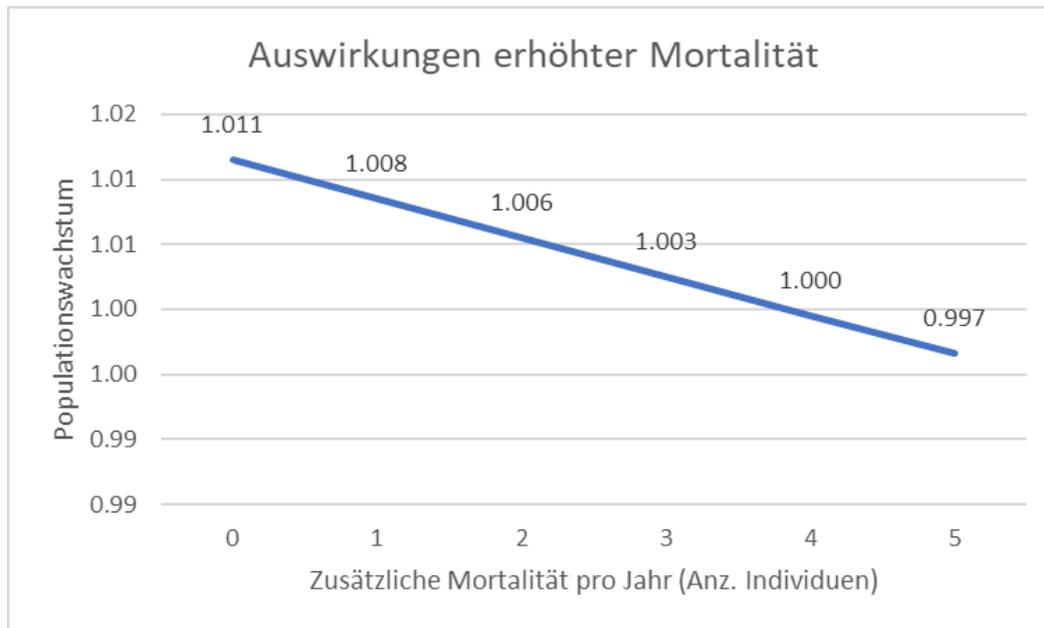


Abbildung 5: Veränderung des Populationswachstums in Abhängigkeit von der Mortalitätsrate.

#### 4.5 VERGLEICH SCHAUB ET AL. (2010) / MARTI & JENNY (2021)

Kapitel 4.2 zeigt den hohen Anteil an durch Stromtod verendeten Uhus. Schaub et al. (2010) zeigen nicht nur eine hohe Mortalität aufgrund von Stromschlägen, sondern eine allgemein hohe Mortalität aufgrund von anthropogenen Einflüssen. 36.9 % der Todesfälle wurden durch Stromschlag verursacht, rund 43 % wurden Opfer von Kollisionen im Strassen- (22.5 %) oder Bahnverkehr (10.9 %). Nur bereits die Eliminierung von Stromschlägen würde gem. Schaub et al. (2010) zu einer Zunahme der Population um jährlich 17 % führen. Somit würde die Population auch bei einer um 60% reduzierten Immigration stabil bleiben.

Im Engadin wurden bezüglich solcher Todesfälle bereits grosse Anstrengungen unternommen. Mit Sanierungen und Verkabelungen von Mittelspannungsmasten im Jahr 2011 sowie der Sanierung von Fahrleitungsmasten der Rhätischen Bahn konnte ein deutlicher Rückgang der Unfälle verzeichnet werden (Marti & Jenny, 2021).

## 5 DISKUSSION & FAZIT

Die Modellierung der Uhu-Population im Untersuchungsgebiet zeigt Werte für eine stabile Population mit einem positiven jährlichen Populationswachstum. Die anhand der Leslie-Matrix durchgeführte Simulation hat ergeben, dass aufgrund der geplanten Windenergieanlage Oldis II über mehrere Jahre jährlich 4 zusätzliche Individuen verenden müssten, damit sich die Uhu-Population in der Region um Haldenstein negativ entwickelt. Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse der bereits bestehenden WEA Oldis I scheint dies unwahrscheinlich. Bisher konnten keine Todesfälle von Vögeln verzeichnet werden, welche auf die seit über 10 Jahren betriebene WEA Oldis I zurückzuführen sind. Auch die sich rund 2,5 km nördlich der bestehenden WEA befindenden Uhus, für welche regelmässige Brutnachweise bestehen, scheinen nicht auf einen negativen Einfluss der bestehenden Windenergieanlage hinzudeuten. Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass das Vorhaben zu keiner Beeinträchtigung des Gesamtbestandes von Uhus im regionalen Umfeld führt.

### 5.1 AUSBLICK & EMPFEHLUNG

Aufgrund der Erkenntnisse aus bereits existierenden Arbeiten wird ein Beitrag zum Vorantreiben der Sanierung von Mittelspannungs- und Fahrleitungen vorgeschlagen. Die geplante Änderung der Leitungsverordnung betreffend Vogelschutz (Art. 30), welche eine Umsetzungsfrist bis 2030 vorgesehen hätte, wurde verworfen. Somit besteht keine Frist für das Treffen von Vorkehrungen zum Vogelschutz und die Dauer der Umsetzung diesbezüglich ist unklar. In der Zwischenzeit ist das Risiko für durch Stromschläge verendete Uhus an der betroffenen Infrastruktur weiterhin gross. Da die Kosten, welche bei der Sanierung von Mittelspannungsmasten anfallen, oft als Hindernis zur Umsetzung für Netzbetreiber gelten, wird vorgeschlagen, dass eine Zusammenarbeit zwischen der Calandawind AG und den Netzbetreibern beziehungsweise der Rhätischen Bahn angestrebt wird. Dies könnte zum Beispiel in Form einer Kostenbeteiligung der Calandawind AG für eine zu definierende Anzahl Mittelspannungsmasten und/oder Fahrleitungsmasten in der Region erfolgen. Eine Umsetzung dieser sehr wirksamen Massnahme (vgl. Schaub et al., 2010) wird als äusserst wertvoll für die regionalen Uhu-Vorkommen erachtet.



## ANHANG

### Skript Statistikprogramm R

```

library(R2WinBUGS)
bugs.dir <- c("M:/204.02/R/Schaub/WinBUGS14")
setwd("M:/Projekte/204.02 Calandawind_OldisII_Uhugutachten/R/Schaub")

#Skriptvorlage, Modellannahmen & Telemetriedaten gem. Schaub et al. (2010):

sink("oldisll.bug")
cat("

(phi ~ dunif(0,1,1)
pSS ~ dunif(0,1)
pNS ~ dunif(0,1)
r ~ dunif(0,1)

for (i in 1:(n.age-1)) {s[i] ~ dunif(0,1)}

mu ~ dnorm(0,0.01)I(,2)

im ~ dunif(0,10)

N1[1] ~ dnorm(20, 0.02)I(0,)
N2[1] ~ dnorm(10, 0.02)I(0,)
N3[1] ~ dnorm(4, 0.015)I(0,)
N4[1] ~ dnorm(7, 0.015)I(0,)

for (i in 1:(t.census-1)){
  lambda.t[i] <- Ntot[i+1] / Ntot[i]
}

for (i in 1:t.census){
  logNtot[i] <- log(Ntot[i])
  a[i] <- logNtot[i] * T[i]
  b[i] <- pow(T[i],2)
}
ssxy <- sum(a[]) - 1/t.census * sum(logNtot[]) * sum(T[])
ssx <- sum(b[]) - 1/t.census * pow(sum(T[]),2)
slope <- ssxy / ssx
lambda <- exp(slope)

alpha <- 0.5

for (ind in 1:N.tel){
  for (t in First[ind]:(Last[ind]-1)){
    px[1,ind,t,1] <- phi * pSS
    px[1,ind,t,2] <- phi * (1-pSS)
    px[1,ind,t,3] <- 1 - phi
    px[1,ind,t,4] <- 0
    px[2,ind,t,1] <- phi * pNS
    px[2,ind,t,2] <- phi * (1-pNS)
    px[2,ind,t,3] <- 1 - phi
    px[2,ind,t,4] <- 0
    px[3,ind,t,1] <- 0
    px[3,ind,t,2] <- 0
    px[3,ind,t,3] <- 0
    px[3,ind,t,4] <- 1
    px[4,ind,t,1] <- 0
    px[4,ind,t,2] <- 0
    px[4,ind,t,3] <- 0
    px[4,ind,t,4] <- 1

    po[1,ind,t,1] <- 1
    po[1,ind,t,2] <- 0
    po[1,ind,t,3] <- 0
    po[2,ind,t,1] <- 0
    po[2,ind,t,2] <- 1
    po[2,ind,t,3] <- 0
  }
}

```



