

Fledermausmonitoring Nordbahntrasse - Systematisches Ausflugmonitoring im Tunnel Dorp

i.A.
Stadt Wuppertal
Ressort Umweltschutz



Stadt Wuppertal

15.09.2015

Fledermausmonitoring Nordbahntrasse, Systematisches Ausflugmonitoring im Tunnel Dorp

Auftraggeber: **Stadt Wuppertal**
Ressort Umweltschutz
Johannes-Rau-Platz 1
42275 Wuppertal



Stadt Wuppertal

Auftragnehmer: FÖA Landschaftsplanung GmbH
Auf der Redoute 12
54296 Trier



Bearbeitung: Dipl. Biogeograph Florian Molitor
Dipl.-Ing. Dr. Jochen Lüttmann
B.Sc. Biologie Hendrik Denkhaus
B.Sc. BioGeo-Analyse Romina Schares
Dipl. Biologe Karl Kugelschafter (ChiroTec)

Für die Richtigkeit:



Trier, den 15.09.2015

(Dr. Jochen Lüttmann)



(Florian Molitor)

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass und Aufgabenstellung	1
2	Methodisches Vorgehen	2
2.1	Ausgangssituation	2
2.2	Untersuchungsdesign	3
2.3	Videoauswertung	5
2.3.1	Auswertung der Verhaltenssequenzen in der Schachthöhle.....	5
2.3.2	Auswertung der Verhaltenssequenzen in der Tunnelröhre	7
3	Ergebnisse und Bewertung	9
3.1	Ausflüge aus der Schachthöhle im Tunnel Dorp	9
3.1.1	Überblick aller Ausflüge während des Untersuchungszeitraums	9
3.1.2	Ausflugdauer.....	13
3.2	Verhalten	14
3.2.1	Verhalten der Fledermäuse in der Schachthöhle.....	14
3.2.2	Verhalten der Fledermäuse in der Tunnelröhre	15
4	Fazit und Schlussfolgerung	16
5	Literaturverzeichnis	18
6	Anhang:	19

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Skizze des zeitlichen Untersuchungsablaufs.....	4
Abbildung 2:	Kameraansicht mit Versuchsaufbau in der Schachthöhle.....	7
Abbildung 3:	Kameraansicht der Ausflughöfning der Schachthöhle in der Tunnelröhre	8
Abbildung 4:	Ausflugzeiten von Wasserfledermäusen und Großen Mausohren aus der Dorper Schachthöhle.....	10
Abbildung 5:	Ausflugzeiten der Fledermäuse aus der Schachthöhle für unterschiedliche Lichtverhältnisse im Tunnel (Minuten nach Sonnenuntergang)	12
Abbildung 6:	Ausflugdauer bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen im Tunnel	13
Abbildung 7:	Prozentualer Anteil der Verhaltenssequenzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen in der Schachthöhle.....	14
Abbildung 8:	Prozentualer Anteil der Verhaltenssequenzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen in der Tunnelröhre	15
Abbildung 9:	Luxwerte vor der Schachthöhle in verschiedenen Höhen und Abständen zum Leuchtmittel bei einer Dimmung von 10%.....	20
Abbildung 10:	Luxwerte vor der Schachthöhle in verschiedenen Höhen und Abständen zum Leuchtmittel bei einer Dimmung von 50%.....	21
Abbildung 11:	Luxwerte unter einer Leuchte in verschiedenen Höhen und Abständen zum Leuchtmittel bei einer Dimmung von 10%.....	22
Abbildung 12:	Luxwerte unter einer Leuchte in verschiedenen Höhen und Abständen zum Leuchtmittel bei einer Dimmung von 50%.....	23
Abbildung 13:	Skizzen der Tunnelhöhlen Tunnel Dorp (Quelle: C. Voigt, Kluterhöhlenverein e.V.).....	24
Abbildung 14:	Lage der Höhlen im Tunnel Dorp	25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verhaltenskategorien Schachthöhle.....	6
Tabelle 2:	Verhaltenskategorien Tunnelröhre	8
Tabelle 3:	Übersicht der Ausflüge in den vier Untersuchungsphasen	11
Tabelle 4:	Technische Angaben zum Tunnel Dorp	19
Tabelle 5:	Ausbauphasen Tunnel Dorp.....	25

1 Anlass und Aufgabenstellung

Durch den Ausbau der Nordbahntrasse auf einer Strecke von ca. 20 km in Südwest-Nordost-richtung zwischen Vohwinkel und Nächstebreck ist ein neuer Radweg entstanden, der durch insgesamt sechs Tunnelbauwerke führt (vgl. FÖA 2014: 5f.). Dazu gehört der Tunnel Dorp, der im Rahmen des Trassenausbaus mit einem LED-Beleuchtungssystem ausgestattet wurde (vgl. Tabelle 5 im Anhang). Gleichzeitig dient der Tunnel als Winterquartier für Fledermäuse, die im Tunnel vor allem in den Fluchtnischen und in natürlichen Höhlen im anstehenden Karstgebirge neben der eigentlichen Tunnelröhre überwintern.

Da die Individuen zum Ende des Winters ihre Fettreserven weitgehend aufgebraucht haben und hoch sensibel gegenüber Störungen sind, stellte sich die Frage, ob ein Einfluss der Tunnelbeleuchtung und der Lichtstärke auf das Ausflugverhalten der Fledermäuse zum Ende des Winterschlafs zu beobachten ist und ob dieser nachteilig für die überwinternden Tiere ist¹.

Vorliegende Untersuchung geht folgenden Fragestellungen nach:

- Wie vollzieht sich qualitativ und quantitativ der Ausflug des Überwinterungsbestandes aus der Schachthöhle im Tunnel Dorp?
- Hat die „fledermausfreundliche Beleuchtung“ im Tunnel einen signifikant nachteiligen Einfluss auf das Ausflugverhalten?

In vorliegender Untersuchung sollten speziell der zeitliche Verlauf und das Verhalten der Fledermäuse Hinweise auf (graduelle) Beeinträchtigungen / Störungen geben. Folgende Hypothesen wurden geprüft: der Ausflug der Fledermäuse verzögert sich bei nächtlicher Beleuchtung im Tunnel Dorp (im Speziellen der Ausflug aus der Schachthöhle im Tunnel Dorp); die Fledermäuse zeigen vor Einflug in die beleuchtete Tunnelröhre ein Meideverhalten (z.B. Kreisen, längerer Aufenthalt, Umkehr etc.).

¹ Ursprünglich wurde diese Untersuchung für den Tunnel Schee geplant, konnte aber wegen fehlender technischer Infrastruktur zum Zeitpunkt März 2015 dort nicht durchgeführt werden.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Ausgangssituation

Im Tunnel Dorp befinden sich insgesamt vier natürliche Höhlen, wobei drei über die Tunnelröhre erreichbar sind (Laughöhle, Höhle 1 und Schachthöhle, vgl. Abbildung 13 und Abbildung 14 im Anhang). Die Höhlen wurden durch den Kluterhöhlenverein e.V. „fledermausfreundlich“ gegen Vandalismus gesichert. Die Höhle 2 befindet sich über der Tunnelröhre und ist über die Schachthöhle erreichbar. Eine Planskizze des Tunnels Dorp bzw. der Tunnelhöhlen und ein Foto der Zugangsbereiche sind Abbildung 11 und 12 im Anhang zu entnehmen.

Die Höhlen selbst sind unbeleuchtet. Beim Ausflug aus den Höhlen muss die mittels der LEDs nach einem speziellen Konzept „fledermausfreundlich“ beleuchtete Tunnelröhre (vgl. das Beleuchtungskonzept in Tabelle 4) von ein- und ausfliegenden Fledermäusen durchquert werden.

Manche Fledermausarten zeigen bei Lichteinfluss Verhaltensänderungen, die sich negativ auf die Individuen und Populationsentwicklung auswirken können (vgl. u.a. BOLDOGH 2007: 531, KUIJPER 2008: 45ff.). Bisherige Untersuchungen an der Nordbahntrasse ergaben kein unterschiedliche Ergebnisse: ÖKOLOG (2013) wiesen eine signifikante Reduktion von Ausflügen und der Rufaktivität bei einer experimentellen 24 h Beleuchtung² im Tunnel Tesche nach. Die Nutzung des Winterquartiers ist nach ÖKOLOG (2013: 73) bei Beleuchtung während der Abwanderungsphase erheblich beeinträchtigt; jedwede Beleuchtung könne während der Abwanderungsphase für die Tiere eine Gefährdung bedeuten. In einer Laborstudie im Auftrag der Stadt Wuppertal am Max-Planck-Institut für Ornithologie (Seewiesen) (Troxell et al. 2013) wurde der Einfluss von LED-Beleuchtung unterschiedlicher Wellenlängen auf die Flugaktivität und den Winterschlaf von Wasserfledermäusen untersucht. Diese Untersuchung ergab keine Reduktion der Aufenthaltszeit der Fledermäuse in Versuchsabteilen mit Beleuchtung im Vergleich zu Versuchsabteilen ohne Beleuchtung. (Außerdem wurden keine Unterschiede zwischen verschiedenen LED-Lichtfarben festgestellt). In einem weiteren Überwinterungsexperiment mit drei Wasserfledermäusen im Torpor wurden keine Aufwachreaktionen beobachtet, wenn das Licht eingeschaltet wurde (Troxell et al. 2013). Allgemein wird seitens der Fachleute davon ausgegangen, dass Fledermaus-Individuen beim Verlassen des Winterquartiers besonders empfindlich gegenüber Störungen sind (vgl. Stone 2013: 49). Nach dem Bat Conservation Trust (BCT 2015) liegen die durchschnittlichen Luxwerte für den Ausflug aus Sommerquartieren zwischen 1 Lux für spät ausfliegende Tiere und 14 Lux für früh ausfliegende Tiere.

² 2 Lampentypen: „Weißlicht 3000K“ mittlere Beleuchtungsstärke von 3,9 Lux am Boden gemessen, „Clearfield“ mittlere Beleuchtungsstärke von 7,5 Lux am Boden gemessen (ÖKOLOG 2013: 6-9)

2.2 Untersuchungsdesign

Der Ausflug der Fledermäuse aus der Schachthöhle wurde mittels Videoaufnahmen untersucht. Die Videoaufzeichnungen wurden mit zwei HD-Infrarot-Videokameras (Fa. BS, YC HD 142) durchgeführt. Eine Infrarotkamera wurde innerhalb der Dorper Schachthöhle mit Blick auf den Raum vor dem Ausflugschacht platziert. Die andere Infrarotkamera zeichnete innerhalb des Dorper Tunnels mit Blick auf den Ausflugschacht der Schachthöhle auf. Eine zusätzliche Ausleuchtung der Tunnelröhre erfolgte mit einer nIR-Lampe (Fa. Mega LED) über dem Schachthöhlenausgang mit einer von Fledermäusen nicht wahrnehmbaren Wellenlänge von ca. 850 nm. Die Aufnahmen wurden per DV-Rekorder (Fa. BS, HDVR 425) gespeichert.

In der Schachthöhle Dorp überwintern hauptsächlich Wasserfledermäuse (*Myotis daubentonii*) (FÖA 2015 in Vorb.). Die Untersuchung konzentrierte sich auf die Ausflugsphase und begann am 10.03.2015 und endete am 31.03.2015.³ Der Beginn der Untersuchung wurde anhand der Daten der Lichtschranke des Tunnels Tesche, welcher sich ebenfalls auf der Nordbahntrasse befindet und das größte Winterquartier darstellt und damit als Referenz dienen konnte, ermittelt. Lichtschrankendaten über die Einflugphase in die Schachthöhle liegen aufgrund von technischen Problemen nicht vor.

Die tägliche bzw. nächtliche Hauptausflugzeit der Wasserfledermäuse liegt gegen Ende der bürgerlichen Dämmerung (SFS 2015), also die Zeit direkt vor dem Sonnenaufgang bzw. nach dem Sonnenuntergang, in der die Sonne maximal 6° unterm Horizont steht (Durchschnittliche Dauer der bürgerlichen Dämmerung ca. 39 min⁴). Aufgezeichnet wurde daher zwischen 18:00 Uhr und 02:00 Uhr, um den Großteil aller Ausflüge zu dokumentieren.

Die Untersuchung war entsprechend Abbildung 1 in folgende Phasen und Blöcke gestaffelt:

³ Durch eine fehlerhafte Sicherung für die Nacht vom 22.03.2015 auf den 23.03.2015 gingen die Videoaufzeichnungen für diese Nacht verloren.

⁴ <http://www.uni-muenster.de/Klima/wetter/astro.php>, abgerufen am 30.04.2015.

Block 1A							Block 1B					Block 2A					Block 2B				
LICHT AN Dimmung ab 22:00 Uhr							LICHT AUS ab 22:00 Uhr					LICHT AN Dimmung ab 22:00 Uhr					LICHT AUS ab 22:00 Uhr				
7 Nächte							5 Nächte					5 Nächte					5 Nächte				
10.03.2015	11.03.2015	12.03.2015	13.03.2015	14.03.2015	15.03.2015	16.03.2015	17.03.2015	18.03.2015	19.03.2015	20.03.2015	21.03.2015	22.03.2015*	23.03.2015	24.03.2015	25.03.2015	26.03.2015	27.03.2015	28.03.2015	29.03.2015	30.03.2015	31.03.2015

*keine Video-Daten

Abbildung 1: Skizze des zeitlichen Untersuchungsablaufs

Es gab zwei Beleuchtungsphasen:

- “Licht an” - Phase mit einer Beleuchtung von 07:00 Uhr bis 21:00 Uhr mit 50% Beleuchtungsstärke (vgl. Abbildung 9), von 21:00 Uhr bis 22:00 Uhr mit 30% Beleuchtungsstärke, von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr mit 10% Beleuchtungsstärke (vgl. Abbildung 10) und von 06:00 Uhr bis 07:00 Uhr mit 30% Beleuchtungsstärke.
- “Licht aus” - Phase mit einer Beleuchtung von 07:00 Uhr bis 21:00 Uhr mit 50% Beleuchtungsstärke (vgl. Abbildung 9), von 21:00 Uhr bis 22:00 Uhr mit 30% Beleuchtungsstärke, von 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr mit 0% Beleuchtung und von 06:00 Uhr bis 07:00 Uhr mit 30% Beleuchtungsstärke.

Sogenannte „Wallwasher“⁵ waren während allen Untersuchungsphasen aktiv. Bei 10% Beleuchtungsstärke werden < 1,5 Lux in 20 cm Höhe über dem Boden gemessen (vgl. Abbildung 9 im Anhang), bei 50% Beleuchtungsstärke ist der gesamte Bereich des Tunnels an der

⁵ Wallwasher sind Wandfluter, welche aus Verkehrssicherungsgründen in jedem Tunnel der Nordbahntrasse mit individueller Lichtfarbe im Abstand von ca 50 m angebracht sind.

Schachthöhle oberhalb der Leuchten und auf der gegenüberliegenden Tunnelseite < 3 Lux beleuchtet (vgl. die Streuung der gemessenen Werte im Tunnelquerschnitt in Abbildung 10 im Anhang).

Nach den ersten 7 Nächten (Block 1A: mit „Licht an“ Phase bis 22:00 Uhr + „Dimmung 10 %“ ab 22:00 Uhr) wurde für 5 Nächte die Beleuchtung ab 22 Uhr abgeschaltet (Block 1B: mit „Licht an“ bis 22:00 Uhr + „Licht aus“ ab 22:00 Uhr). Anschließend wurde für 5 Nächte die Beleuchtung beibehalten (Block 2A mit „Licht an“ bis 22:00 Uhr + „Dimmung 10%“ ab 22:00 Uhr) und für die letzten 5 Nächte wiederum abgeschaltet (Block 2B mit „Licht an“ bis 22:00 Uhr + „Licht aus“ ab 22:00 Uhr).

Die Schachthöhle (Abbildung 2) selbst ist ohne eigene Beleuchtung; indirekt fällt Licht aus der Tunnelröhre durch den Eingang in die Schachthöhle.

Zur zeitlichen Auswertung wurde der Zeitpunkt des sichtbaren Sonnenuntergangs für Wuppertal als Referenz verwendet.⁶ Sämtliche Zeitangaben entsprechen der Winterzeit; die Untersuchungstage nach der Zeitumstellung wurden entsprechend korrigiert, d.h. in Winterzeit zurückgerechnet.

Die Temperatur während des Untersuchungszeitraumes wurde sowohl in der Schachthöhle als auch in der Tunnelröhre mit einem Batcorder (ecoObs) gemessen und aufgezeichnet. Durch die fehlerhafte Aktivierung des Batcorders in der Schachthöhle kam es zu einem Datenverlust für die drei Nächte vom 14.03.2015 bis zum 17.03.2015.

2.3 Videoauswertung

2.3.1 Auswertung der Verhaltenssequenzen in der Schachthöhle


Die Videoaufnahmen aus der Schachthöhle (siehe Abbildung 2) wurden mithilfe der Bewegungserkennung des VLC-Players (Videolan, Version 2.2.1 für Windows) in Hinblick auf die Fledermausaktivität grob nach Aktivitätsphasen sortiert und dann visuell detailliert ausgewertet. Dabei wurden die Art, die Verweildauer in der Schachthöhle sowie der Zeitpunkt des Erscheinens und des Aus- oder Rückflugs festgehalten.

Die Artbestimmung erfolgte nach optischen Merkmalen. Die Aufenthaltsdauer in der Schachthöhle wurde mit jedem Neuerscheinen eines Individuums notiert. Bei einem Wiedererscheinen aus der Position der letzten Sichtung (Abwesenheit < 2,5 min) wurde angenommen, dass es sich um dasselbe Individuum handelt; die Sequenz wurde als ein zusammenhängendes Ereignis gezählt; bei längerer Abwesenheit aus dem Bildbereich wurde ein Wiedererscheinen als neues Ereignis notiert.

⁶ <http://www.sonnenuntergang-zeit.de/sonnenuntergang:wuppertal:maerz.html>, abgerufen am 23.04.2015.

Das Verhalten der erfassten Fledermäuse wurde in fünf Verhaltenskategorien aufgeteilt, die Aufschluss über das Meideverhalten des Ausflugs der Individuen geben (mit steigender Intensität des Meideverhalten, vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Verhaltenskategorien Schachthöhle

<ul style="list-style-type: none"> • A1: Direkter Ausflug - Die Fledermaus fliegt aus dem Schacht oder erscheint aus dem Schachthöhlenbereich und fliegt anschließend (eventuell mit kurzer Landung) in die Tunnelröhre. • A2: Flugverhalten mit Ausflug - Die Fledermaus fliegt aus dem Schacht oder erscheint aus dem Schachthöhlenbereich, kreist hauptsächlich (> 50 %), landet/ sitzt (< 50%) und fliegt anschließend in die Tunnelröhre. • A3: Ruheverhalten mit Ausflug - Die Fledermaus fliegt aus dem Schacht oder erscheint aus dem Schachthöhlenbereich, kreist (< 50 %), sitzt hauptsächlich (> 50 %) und fliegt anschließend in die Tunnelröhre. • A4: Flugverhalten ohne Ausflug - Die Fledermaus fliegt aus dem Schacht oder erscheint aus dem Schachthöhlenbereich, kreist hauptsächlich (> 50 %), landet/ sitzt (< 50 %) und fliegt anschließend zurück in den Schacht; kein Einflug in Tunnelröhre. • A5: Ruheverhalten ohne Ausflug - Die Fledermaus fliegt aus dem Schacht oder erscheint aus dem Schachthöhlenbereich, kreist (< 50 %), sitzt hauptsächlich (> 50 %) und fliegt anschließend zurück in den Schacht; kein Einflug in Tunnelröhre. 	 <p style="text-align: center;">Meideverhalten</p>
<ul style="list-style-type: none"> • A6: indifferentes Verhalten - Das Verhalten der Fledermaus entspricht keiner der oben genannten Kategorien. 	

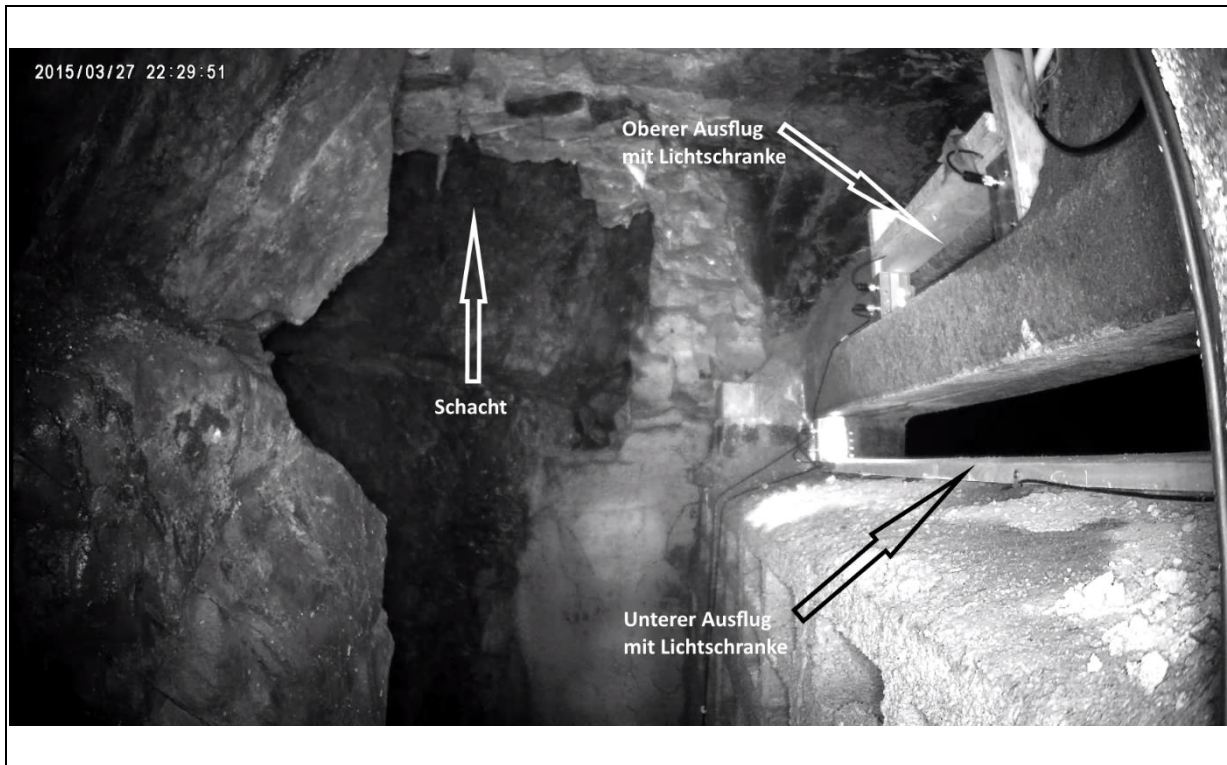


Abbildung 2: Kameraansicht mit Versuchsaufbau in der Schachthöhle

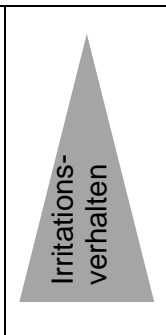
Ausgewertet wurden die Verhaltenssequenzen der Fledermäuse, Ausflugzeitpunkt nach Sonnenuntergang und die Dauer eines Ausflugs aus der Schachthöhle in die Tunnelröhre. Zur Datenaufbereitung wurden Excel und das Statistikprogramm BiAS für Windows genutzt.

2.3.2 Auswertung der Verhaltenssequenzen in der Tunnelröhre

Die Videoaufzeichnungen der Tunnelröhre (siehe Abbildung 3) wurden mit den Ausflugdaten der Schachthöhle abgeglichen und das Ausflughverhalten analysiert. Das Verhalten der erfassten Fledermäuse wurde analog zur Schachthöhlenauswertung in drei Verhaltenssequenzen aufgeteilt (Tabelle 2).

Die Ausflugdaten und Verhaltenssequenzen für die Ausflüge aus der Schachthöhle in die Tunnelröhre wurden ebenfalls mit Excel und dem Statistikprogramm BiAS für Windows aufbereitet.

Tabelle 2: Verhaltenskategorien Tunnelröhre

<ul style="list-style-type: none">• B1: Direkter Weiterflug - Die Fledermaus fliegt aus der Schachthöhle und verlässt auf direktem Weg den Bildbereich.• B2: Verzögerter Weiterflug - Die Fledermaus fliegt aus der Schachthöhle, kreist vor der Höhle und verlässt anschließend den Bildbereich.• B3: Rückflug - Die Fledermaus fliegt aus der Schachthöhle, kreist in der Tunnelröhre und fliegt wieder in die Schachthöhle ein.	 <p>Irritations- verhalten</p>
---	---

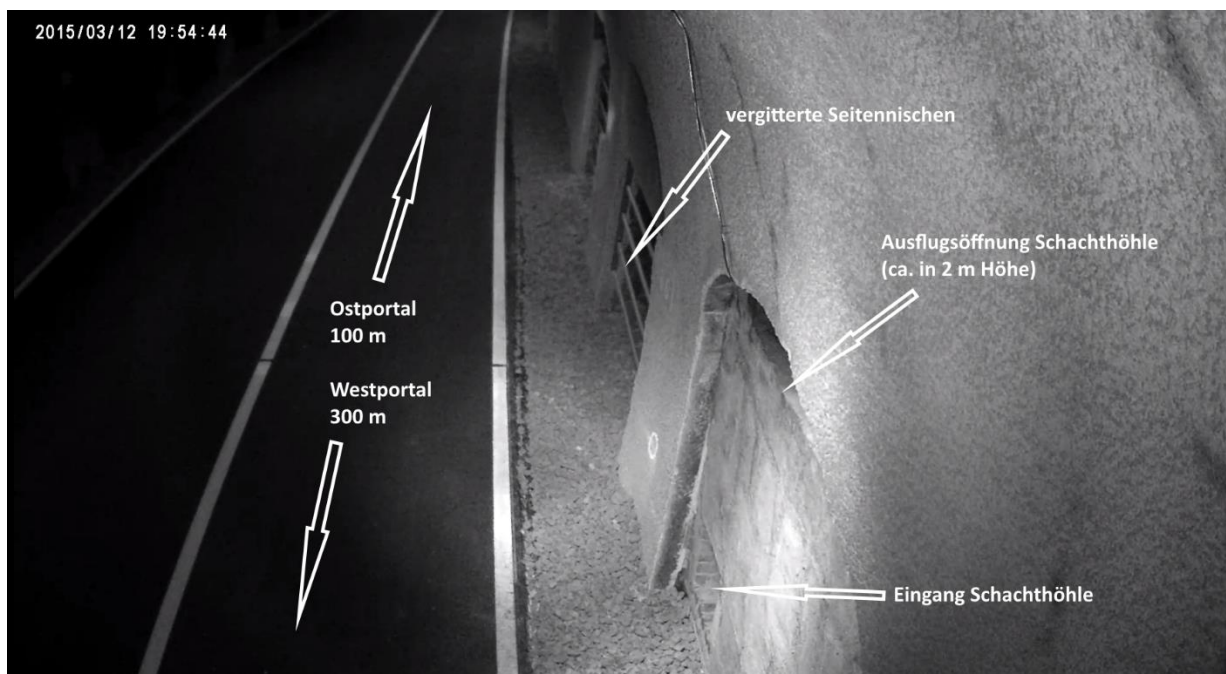


Abbildung 3: Kameraansicht der Ausflugsöffnung der Schachthöhle in der Tunnelröhre

3 Ergebnisse und Bewertung

3.1 Ausflüge aus der Schachthöhle im Tunnel Dorp

3.1.1 Überblick aller Ausflüge während des Untersuchungszeitraums

In dem Untersuchungszeitraum vom 10.03.2015 bis 31.03.2015 wurden auf Basis der Videoaufnahmen 19 Ausflugereignisse aus der Schachthöhle in die Tunnelröhre verzeichnet und ausgewertet. Durch einen Abgleich der Lichtschrankendaten von FÖA (2015) wurden 15 Individuen gezählt, die das Winterquartier in diesem Zeitraum langfristig verlassen haben. Zum Vergleich: der gesamte Überwinterungsbestand⁷ im vorausgehenden Winter (2013/2014) betrug 45 Individuen (vgl. KUGELSCHAFTER in FÖA 2014: 14); im Winter 2014/2015 betrug dieser 61 Individuen (vgl. FÖA 2015).

In Abbildung 4 sind die Ausflugzeitpunkte von Wasserfledermäusen und Großen Mausohren aus der Schachthöhle in die Tunnelröhre über die Dauer des Untersuchungszeitraums dargestellt. Außerdem wurde die Uhrzeit des sichtbaren Sonnenuntergangs, die Zeiträume der Beleuchtungsdimmung bzw. – abschaltung und die mittels Batcorder gemessene Temperatur in ° Celsius in der Schachthöhle eingetragen⁸.

Ein Einfluss der Temperatur auf die Auswertungsparameter Ausflugzeitpunkt und -dauer wurde mittels Regressionsanalyse für die vorhandenen Daten berechnet und aufgrund eindeutiger Ergebnisse ausgeschlossen (Ausflugzeitpunkt: $r=0,56$; $n=8$; $p=0,15$; Ausflugdauer: $r=0,09$; $n=8$; $p=0,83$). Für die Tage/Nächte ohne Temperaturdaten (14.03.-17.03.2015) wird ebenfalls keine Beeinflussung der Ausflugparameter angenommen. Begründet wird dies durch die Temperaturwerte des restlichen Untersuchungszeitraums (10.03.-13.03.2015 und 18.03.-31.03.2015), die mit einer maximalen Schwankung von 3,4 °C auf insgesamt konstante Verhältnisse hindeuten.

⁷ Überwinterungsbestände 2013/2014 und 2014/2015 wurden aufgrund von technischen Problemen der Anlagen zur Einflugphase anhand der bilanzierten Ausflugereignisse zur Ausflugzeit (01.01 – Mitte Mai) errechnet (vgl. FÖA 2015).

⁸ Der März 2015 in Nordrhein-Westfalen war mild (+1 °C über dem Durchschnitt) und niederschlagsarm (-6 l/m² unter dem Durchschnitt). Abfrage 17.08.2015:
http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_menu2_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2015%2F20150330__Deutschlandwetter__Maerz__2015__news.html.

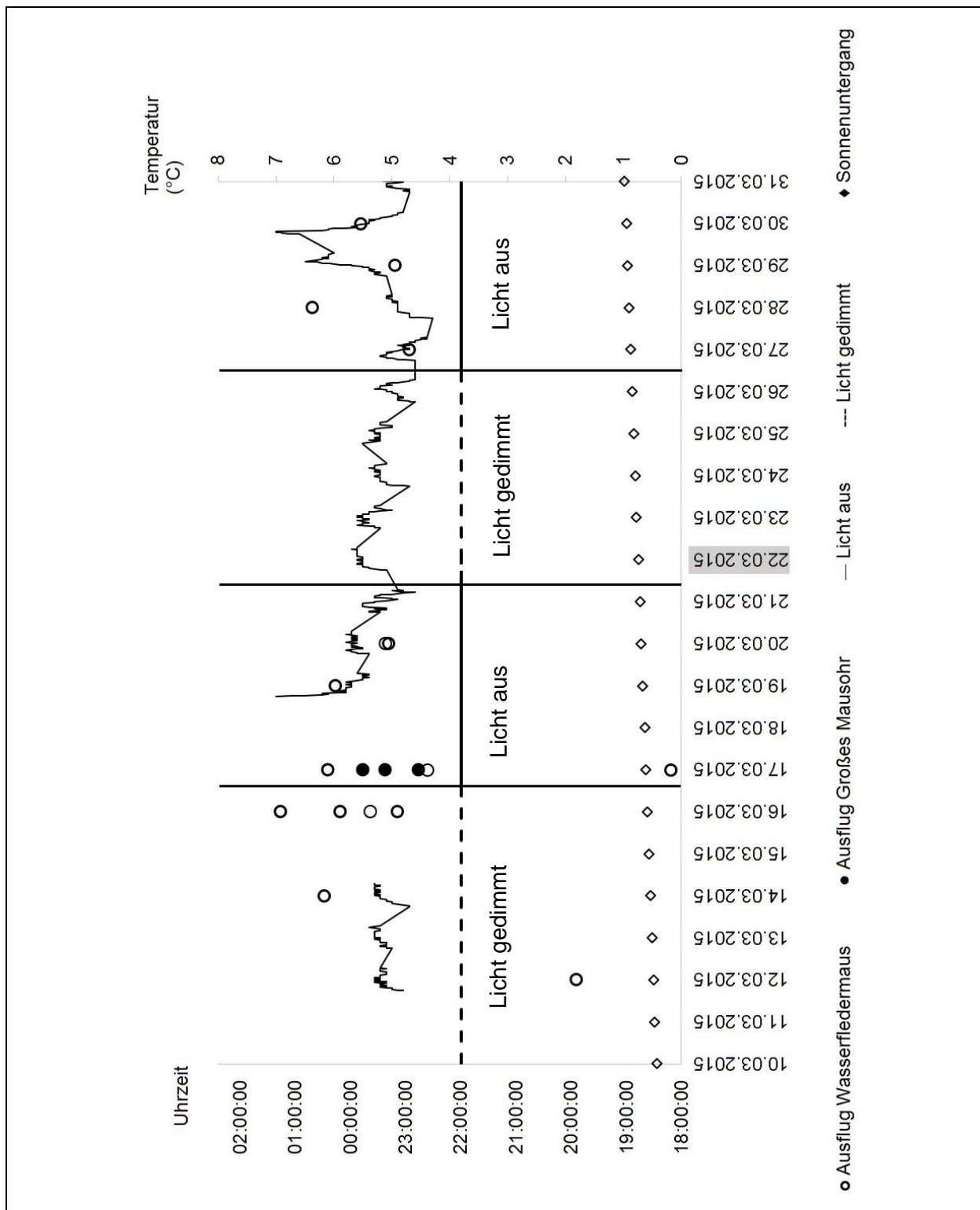


Abbildung 4: Ausflugzeiten von Wasserfledermäusen und Großen Mausohren aus der Dorper Schachthöhle

Von den 19 Ausflugereignissen im Frühjahr 2015 wurden 16 Ausflüge der Wasserfledermaus (*Myotis daubentonii*) und 3 Ausflüge dem Großen Mausohr (*Myotis myotis*) zugeordnet. Hiervon fanden 2 Ausflüge bei „Licht an (= Dimmung 50%)“ (18:00 – 22:00 Uhr), 5 bei „Dimmung 10%“ (ab 22:00 Uhr) und 12 bei „Licht aus“ (ab 22:00 Uhr) statt. Das Verlassen des Winterquartiers erfolgte zu 89 % zwischen 22:30 Uhr und 01:30 Uhr. Ein möglicher Grund ist ein Meideverhalten gegenüber der „Dimmung 50%“ der Tunnelröhre.

Eine Häufung der Ausflugereignisse während des Untersuchungszeitraumes gab es am 16.03.2015 und 17.03.2015. Zu beachten ist hierbei, dass nicht zwingend jedes Ereignis einem neuen Individuum zuzuordnen ist. Beispielsweise waren drei Ausflugereignisse vom 17.03.2015 durch dasselbe Große Mausohr begründet.

Die meisten Ausflüge (n=13) erfolgten in den Nächten ohne Beleuchtung (vgl. Tabelle 3). An Tagen mit Beleuchtung (Licht an und gedimmt) wurden sechs Ausflüge, davon fünf Ausflüge bei gedimmtem Licht (Dimmung 10%), verzeichnet. Ein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Beleuchtungsphasen „Phase hell“ (Block 1A + Block 2A) und „Phase dunkel“ (Block 1B + Block 2B) in Bezug auf die Ereignisse und Ausflüge bestehen nicht (Chi²-Test: Chi²=2,22; n=35; p=0,14).

Tabelle 3: Übersicht der Ausflüge in den vier Untersuchungsphasen

Untersuchungsphase	Phase „Licht an“ (Block 1A+2A)	Phase „Licht aus“ (Block 1B+2B)
Ausflüge (n)	6	13
Ereignisse (n) in Schachthöhle ohne Ausflug (ohne indifferentes Verhalten)	10	6

Die Ausflugzeiten nach Sonnenuntergang (in Minuten) sind für die verschiedenen Beleuchtungsstufen in Abbildung 5 dargestellt. Frühe Ausflugzeiten wurden bei „Licht an“ verzeichnet, da diese Lichteinstellung während des Untersuchungszeitraumes nur zwischen 18:00 Uhr und 22:00 Uhr auftrat. Wegen eines zu geringen Stichprobenumfangs (n=2) ist keine statistische Beurteilung möglich.

Nach 22:00 Uhr erfolgte eine Dimmung auf 10% oder eine Abschaltung der Beleuchtung. Der Ausflug bei gedimmter Beleuchtung fand nicht signifikant später statt als ohne Beleuchtung (Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test: U=12; n=17; p=0,06). Somit wird ein Einfluss der gedimmten Beleuchtung auf die Ausflugszeit ausgeschlossen.

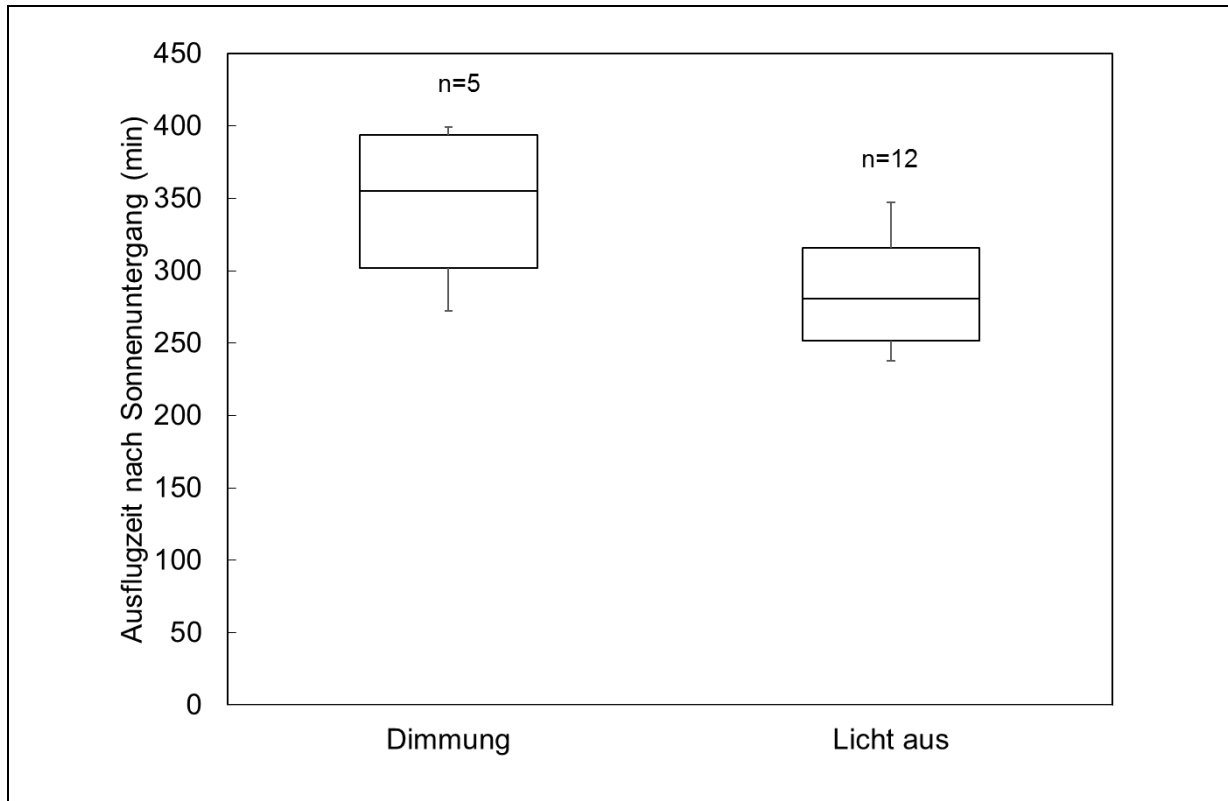


Abbildung 5: Ausflugzeiten der Fledermäuse aus der Schachthöhle für unterschiedliche Lichtverhältnisse im Tunnel (Minuten nach Sonnenuntergang)

3.1.2 Ausflugdauer

Die Ausflugdauer in Sekunden für die verschiedenen Beleuchtungsstufen ist in Abbildung 6 dargestellt. Wegen eines zu geringen Stichprobenumfangs (n=2) wurden die Daten „Licht an“ nicht in die Statistik miteingebunden. Die Ausflugdauer ohne Beleuchtung war signifikant kürzer als die Ausflugdauer bei Dimmung (Wilcoxon-Mann-Whitney-U-Test: $U=11$; $n=17$; $p=0,05$). Somit wird ein negativer Einfluss der gedimmten Beleuchtung auf die Ausflugdauer angenommen.

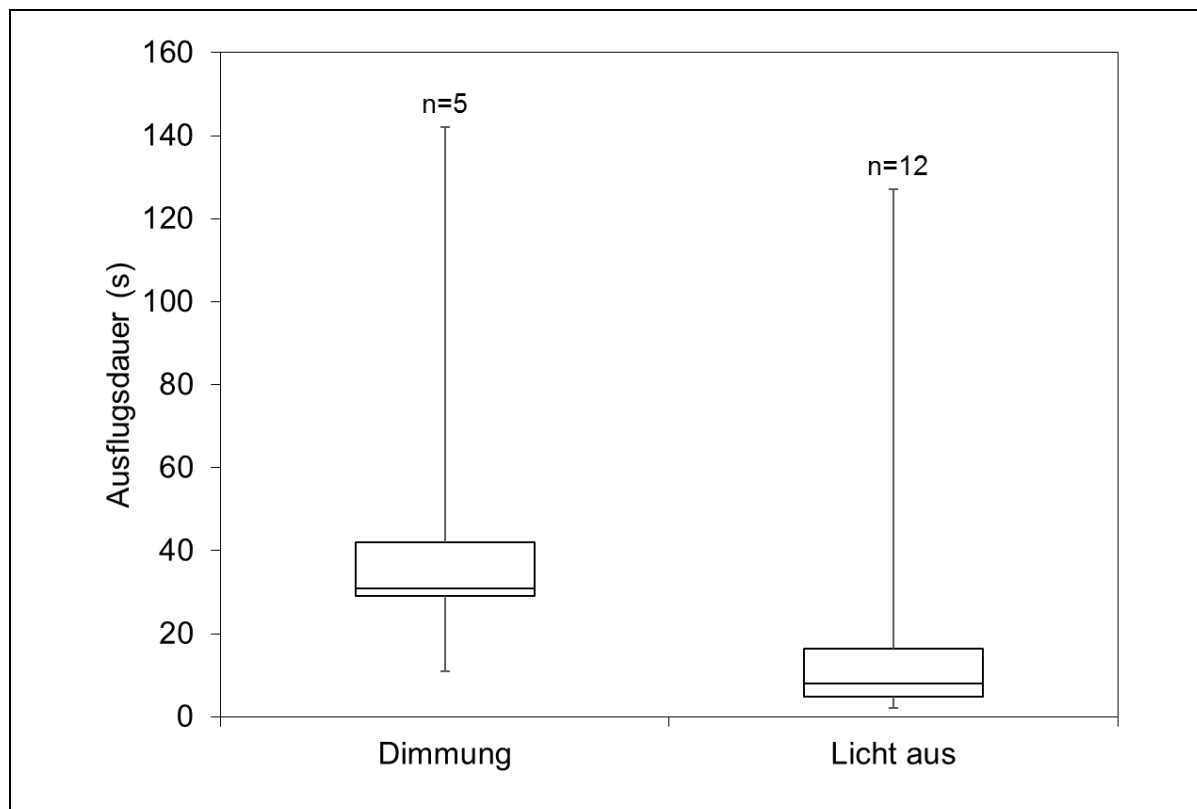


Abbildung 6: Ausflugdauer bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen im Tunnel

3.2 Verhalten

3.2.1 Verhalten der Fledermäuse in der Schachthöhle

Für die Bestimmung der Verhaltenssequenzen in der Schachthöhle wurde jedes Ereignis untersucht. Jede Sichtung einer Fledermaus (= Präsenz in Videobild) wird als Sequenz definiert. Insgesamt wurden 40 Ereignisse ausgewertet. Die Verteilung der Verhaltenssequenzen für die verschiedenen Beleuchtungsstufen ist in Abbildung 7 dargestellt.

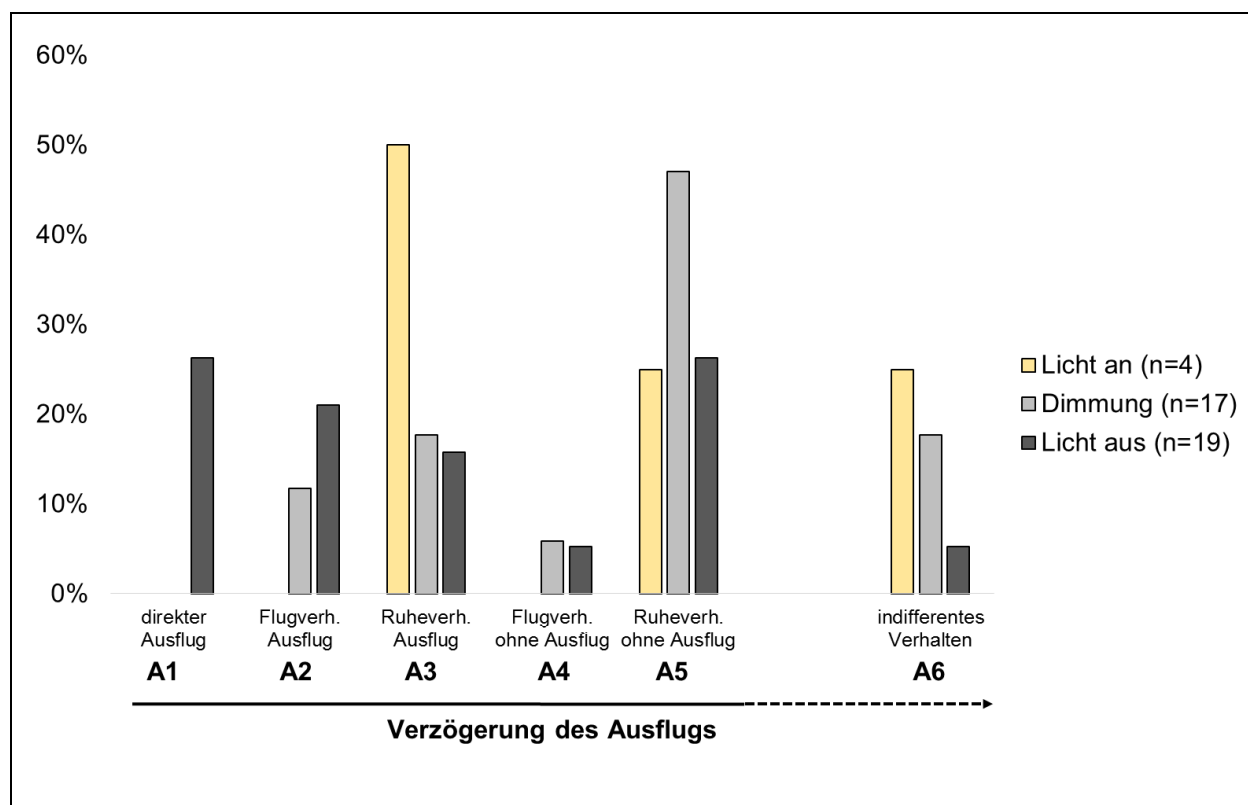


Abbildung 7: Prozentualer Anteil der Verhaltenssequenzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen in der Schachthöhle

Bei der Auswertung der Verhaltenssequenzen in der Schachthöhle ergibt sich aus den Grunddaten eine größere Stichprobe (n=40) als bei der Konzentration auf Ausflugereignisse. Daher wurde auch das Verhalten bei „voller Beleuchtung“ (vor der Phase der Dimmung/Ausschaltung ab 22:00 Uhr) in die Auswertung einbezogen. Davon ausgehend, dass die Hauptmotivation für den Einflug in den Schachthöhlenbereich der weitere Ausflug über die Tunnelröhre ist, wurde jedes Verhalten, das nicht zum Ausflug führt, als Form eines Meideverhaltens interpretiert. Kreisendes Flugverhalten, häufige oder lange Ruhepausen an den Schachtwänden werden als Verzögerungsverhalten gewertet. Dieses Verzögerungsverhalten wurde bei „Licht an“ mit 75 % Anteil am Gesamtverhalten und bei „Dimmung“ mit 65 % Anteil am Gesamtverhalten beobachtet. Bei „Licht aus“ hingegen wurde nur ein Anteil von 42 % am Gesamtverhalten notiert. Dieses

Ergebnis deutet darauf hin, dass die Beleuchtung der Tunnelröhre das Ausflughverhalten verzögert.

Die geringste Verzögerung des Ausflugs, also der direkte Ausflug aus der Schachthöhle, trat bei „Licht aus“ auf. Von den fünf beobachteten direkten Ausflügen gingen drei auf das Große Mausohr zurück. Möglicherweise besteht eher ein Zusammenhang mit dem artspezifischen Verhalten als mit der Beleuchtungssituation.

3.2.2 Verhalten der Fledermäuse in der Tunnelröhre

Für die Bestimmung der Verhaltenssequenzen in der Tunnelröhre wurde jedes Verhalten, das einem Ausflug (n=19) aus der Schachthöhle folgt, untersucht. Die Verteilung der Verhaltenssequenzen für die verschiedenen Beleuchtungsstufen im Rahmen der drei Untersuchungsphasen (B1 bis B3) ist in Abbildung 8 dargestellt.

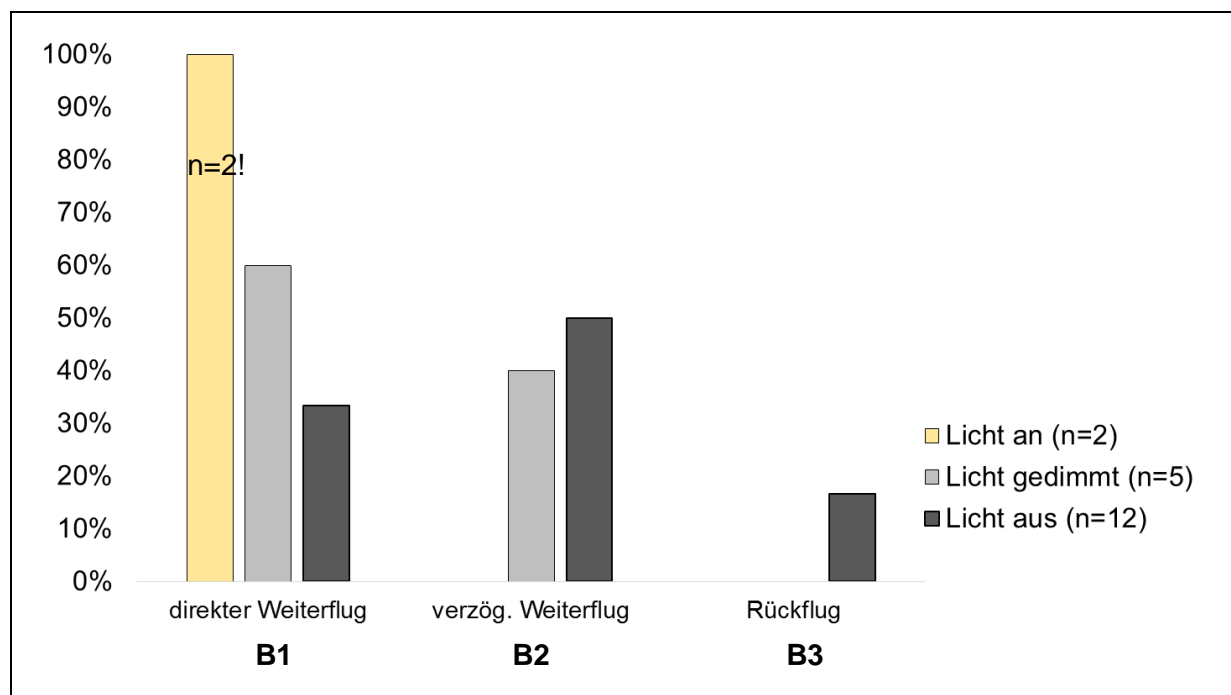


Abbildung 8: Prozentualer Anteil der Verhaltenssequenzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen in der Tunnelröhre

Der direkte Weiterflug stellt die geringste Form eines Verzögerungsverhaltens dar. Dieses Verhalten tritt bei allen drei Lichteinstellungen auf. Zu beachten ist, dass bei „Licht an“ der Stichprobenumfang mit nur zwei Ausflügeereignissen zu gering ist. Der verzögerte Weiterflug oder der Rückflug in die Schachthöhle sind Verhaltenssequenzen, die auf eine Irritation hinweisen. Sowohl bei gedimmter als auch ausgeschalteter Beleuchtung sind diese Sequenzen zu beobachten. Der „verzögerte Weiterflug“ und der „Rückflug“ treten auch bei „Licht aus“ auf; ein nachweisbares unterschiedliches Verhalten unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen

zeigte sich nicht (Fisher's Exact Test: $n=19$; $p=0,17$), insofern bestehen keine Anzeichen einer Störung.

4 Fazit und Schlussfolgerung

Die Untersuchung belegt einen Einfluss der Beleuchtung auf das Ausflugverhalten der Fledermäuse aus der Schachthöhle: Bei nächtlich gedimmter Beleuchtung verzögerte sich der Ausflug der Fledermäuse graduell. Die Ausflugdauer aus der Schachthöhle in die Tunnelröhre verlängerte sich statistisch signifikant bei gedimmter Beleuchtung im Vergleich zur unbeleuchteten „Licht aus“ Phase. Es wurde zudem ein graduell größeres Meideverhalten beobachtet als bei ausgeschaltetem Licht. Direkte Ausflüge fanden nur bei „Licht aus“ statt. Etwa 58 % der Ausflüge bei „Licht aus“ ging ein kurzweiliges Flug- oder Ruheverhalten voraus.

Nach Eintritt in die Tunnelröhre führt die Beleuchtung zu keiner weiteren Verzögerung des Ausfluges. Ein Verhalten in der Tunnelröhre, das auf Irritation bzw. Störung bei gedimmter Beleuchtung gegenüber ausgeschalteter Beleuchtung hinweist, wurde nicht festgestellt.

Das Meideverhalten beim Ausflug aus der Schachthöhle ist Folge einer unzureichenden Abschirmung der Schachthöhle Dorp gegen den Lichteinfluss der künstlichen Beleuchtung. Insofern kann von einer Störung der Fledermäuse in dem Sinne ausgegangen werden, dass „eine (sichtbare) Verhaltensänderung“ ausgelöst wird, in diesem Fall eine „Veränderung des Raum-Zeit-Musters“ (ROTH & ULBRICHT 2006: 152f.). Unsere Ergebnisse stimmen grundsätzlich mit den Ergebnissen bzw. Bewertungen in STONE (2009) und ÖKOLOG (2013) überein, nach deren Erkenntnissen die Individuen beim Verlassen des Winterquartiers besonders empfindlich gegenüber Störungen sind und Beleuchtung in dieser Phase eine signifikante Reduktion der Ausflüge verursacht. Die von uns gemessene Verzögerung des Ausflugs bzw. das gemessene Meideverhalten, welche als Indikator für eine Beeinträchtigung herangezogen wird, hat allerdings eine sehr geringe zeitliche Dimension. Ein Ausflug wurde bei allen untersuchten Beleuchtungs-Zuständen beobachtet. Deswegen bestehen Zweifel daran, ob die gemessene Verzögerung begründen kann, dass die Fitness der einzelnen Individuen und damit die Population nachteilig beeinflusst werden.

Weil die Möglichkeit einer graduellen Beeinträchtigung nicht ausgeräumt werden kann, wird vorsorglich empfohlen, die Abschaltung zu ergänzen. Wir empfehlen eine Schaltung der Beleuchtung nachts (zwischen 21:00 Uhr - 22:00 Uhr Dimmung 30%, zwischen 22:00 Uhr – 06:00 Uhr Beleuchtung aus, zwischen 06:00 – 07:00 Uhr Dimmung 30% und zwischen 07:00 – 21:00 Uhr Dimmung 50%) während der kritischen Phase beim Ausflug aus dem Winterquartier (01.03. bis 15.04.) vorzunehmen. Die resultierende Tunnelbeleuchtung im Tunnel Dorp (zwischen <1,5 Lux – <3 Lux am Boden bei 10-30%-Schaltung) käme dem Beleuchtungsregime im Sommer

nahe, welches vom Bat Conservation Trust (BCT 2015) für spät ausfliegende, d.h. lichtempfindliche Tiere aus Sommerquartieren genannt wird. (Vergleichbare Angaben für Winterquartiere fehlen).

Sollte dies aus sicherheitstechnischen Gründen für den Betrieb des Radweges nicht möglich sein, sollte zumindest der unbeleuchtete Bereich vor der Schachthöhle vergrößert werden. Bei der momentanen Einstellung der gedimmten Beleuchtung kommt es zu den in Kap. 3 genannten negativen Verzögerungen auf das Ausflugverhalten.

Durch die Abschaltung oder die stärkere Dimmung können die negativen Effekte der Beleuchtung ausgeschlossen werden.

Es wird empfohlen, das oben genannte Beleuchtungsregime des Tunnels Dorp, äquivalent in der Weströhre des Tunnels Schee anzuwenden.

5 Literaturverzeichnis

- BCT (2015): National Bat Monitoring Programme – Recording Light level data. Bat Conservation Trust. http://www.bats.org.uk/pages/recording_light_level_data.html.
- BOLDOGH, S., BOBROSI, D., SAMU, P. (2007): The effects of the illumination on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica* 2007, 9(2): 527–534.
- FÖA (2014): Zwischenbericht - Monitoring der Fledermausfauna der Nordbahntrasse Wuppertal - Tunnel Schee, Tunnel Tesche und Ersatzquartiere. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Stadt Wuppertal.
- FÖA (2015): Endbericht - Monitoring der Fledermausfauna der Nordbahntrasse Wuppertal - Tunnel Schee, Tunnel Tesche und Ersatzquartiere. Gutachten im Auftrag der Stadt Wuppertal. Stand 04.09.2015 (94 S.).
- KUIJPER, D. P. J., SCHUT, J., DULLEMEN, D. V., TOORMAN, N. G., OUWERAND, J., LIMPENS, H. J. G. A. (2008): Experimental evidence of light disturbance along the commuting routes of pond bats (*Myotis dasycneme*). *Lutra* 2008 51 (1): 37-49.
- ÖKOLOG (2013): Untersuchung des Einfluss von LED-Beleuchtung auf Fledermaus-Winterquartiere und Erforschung neuer technischer Möglichkeiten. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Stadt Wuppertal.
- ROTH, M., ULBRICHT, J. (2006): Anthropogene Störungen als Umweltfaktor. In: BAIER, H., ERDMANN, F., HOLZ, R., WATERSTRAAT, A., Hrsg., *Freiraum und Naturschutz*, Springer, Berlin, Heidelberg: 151-161.
- STIFTUNG FLEDERMAUSSCHUTZ (2015): Wann fliegen Fledermäuse zur Insektenjagd aus? <http://www.fledermausschutz.ch/pdf/Ausflugzeiten.pdf> (28.04.2015).
- STONE, E.L. (2013): Bats and lighting: Overview of current evidence and mitigation guidance.
- TROXELL, S., SCHULLER, B. M., GOERLITZ, H. R., KOSELJ, K., GREIF, S., SIEMERS, B. M.,. (2013): Experimentelle Untersuchung des Einflusses von LED Beleuchtung auf Fledermausverhalten im Rahmen des Projekts "Nordbahntrasse Wuppertal". Sinnesökologie Gruppe, Max-Planck-Institut für Ornithologie. Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Stadt Wuppertal.

6 Anhang:

Tabelle 4: Technische Angaben zum Tunnel Dorp

<u>Technische Angaben Tunnel Dorp:</u>
Länge: 488 m
Breite: 6 m
Anzahl Fluchtnischen: 112
<u>Technische Angaben der Beleuchtung:</u>
Leuchten: Philips Optiflood
Farbtemperatur: 4000 Kelvin
Lichtpunkthöhe: 4,5 m
Lichtpunktabstand: 14 m
<p>Beleuchtungskonzept: Nach Messungen im Tunnel Dorp können bei einer Dimmung auf 10 % der Maximalleistung Luxwerte von ca. 1,5 erreicht werden, die ausreichen, um nachts die Verkehrssicherheit zu gewährleisten (gutes Erkennen von Menschen, Bewegung möglich).</p> <p>Das System kann aber nicht mit Bewegungsmeldern gesteuert werden. Es wird ein Brennstundenkalender hinterlegt, über den Ein-/Ausschaltung und Lichtstärken geregelt werden.</p> <p>Als Lichtfarbe sind 4.000 Kelvin (neutral-weiß) vorgesehen. Die Leuchten sind so konzipiert, dass sie nur nach unten abstrahlen und den Verkehrsweg beleuchten, dadurch sollen dunkle Korridore unter der Tunneldecke erhalten bleiben, die dem An- und Abflug von Fledermäusen dienen.</p>

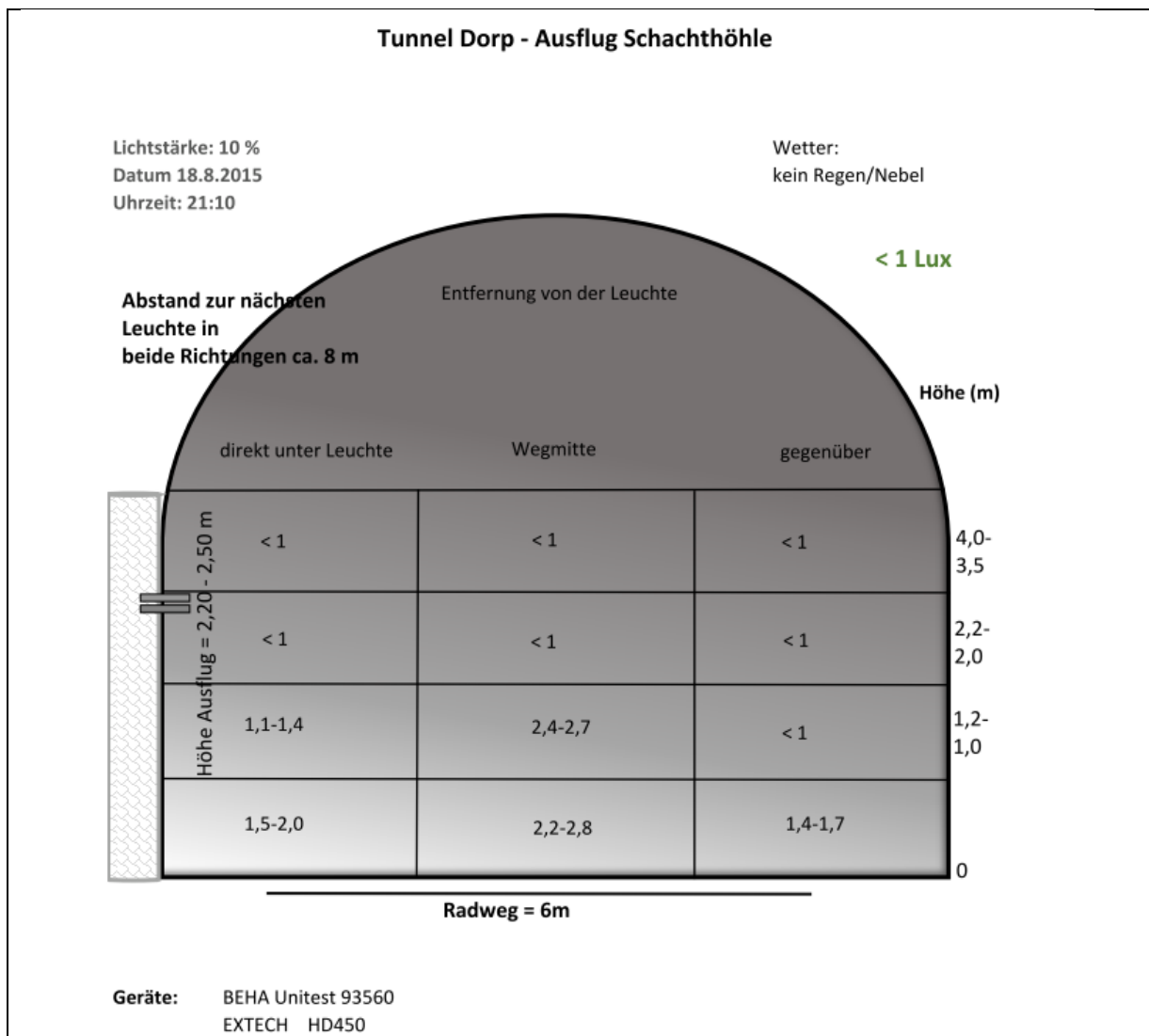


Abbildung 9: Luxwerte vor der Schachthöhle in verschiedenen Höhen und Abständen zum Leuchtmittel bei einer Dimmung von 10%

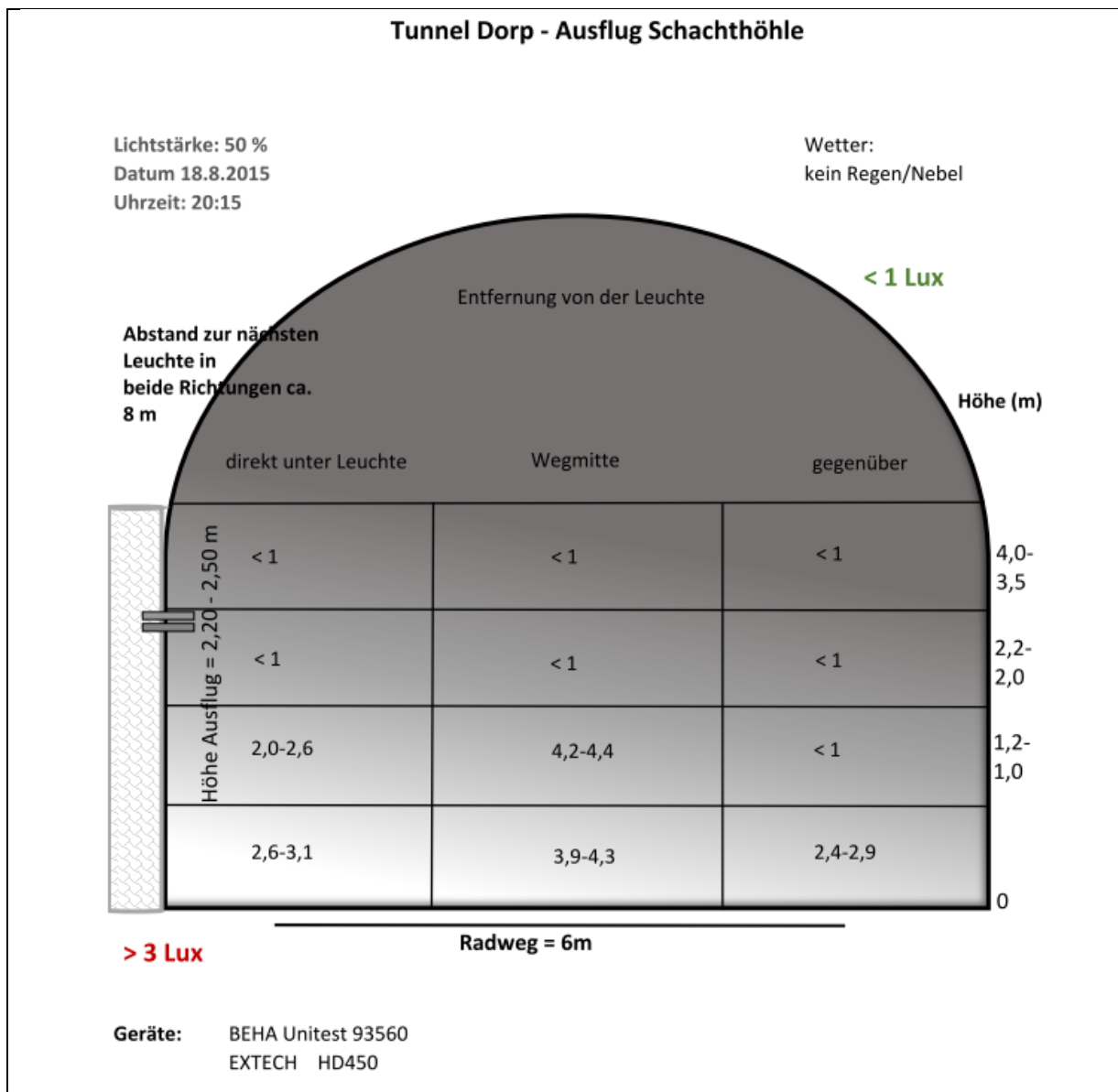


Abbildung 10: Luxwerte vor der Schachthöhle in verschiedenen Höhen und Abständen zum Leuchtmittel bei einer Dimmung von 50%

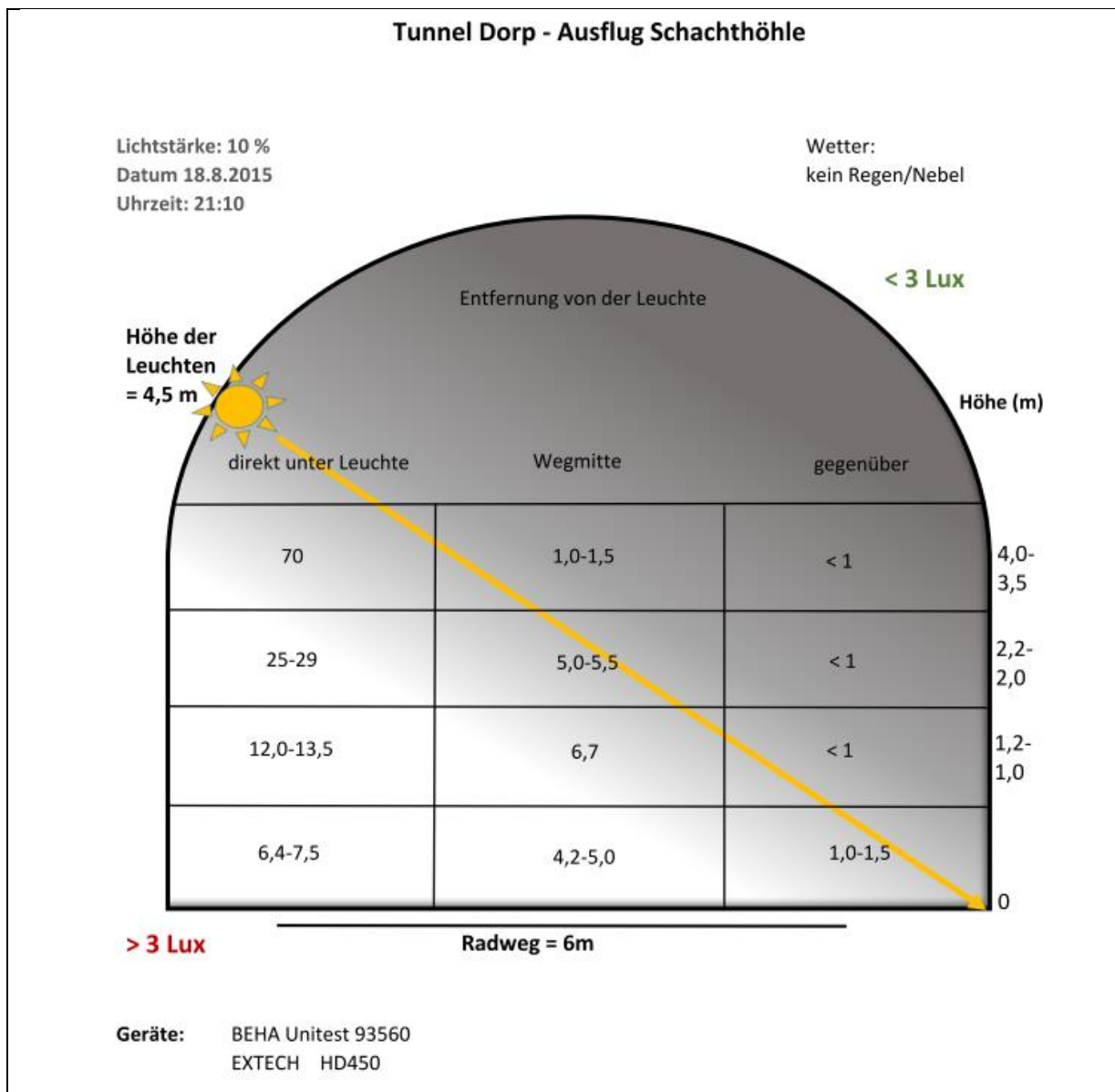


Abbildung 11: Luxwerte unter einer Leuchte in verschiedenen Höhen und Abständen zum Leuchtmittel bei einer Dimmung von 10%

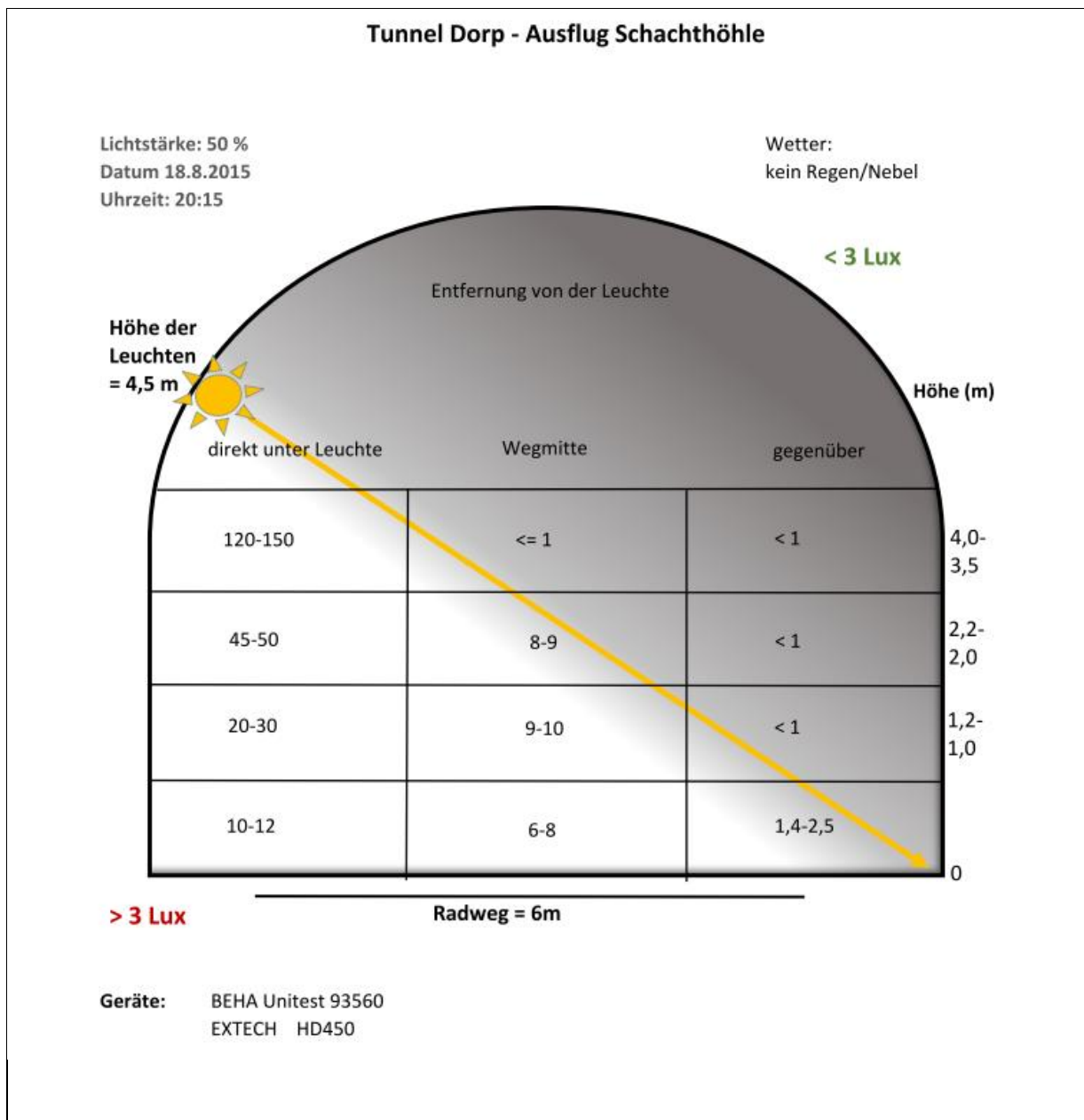


Abbildung 12: Luxwerte unter einer Leuchte in verschiedenen Höhen und Abständen zum Leuchtmittel bei einer Dimmung von 50%

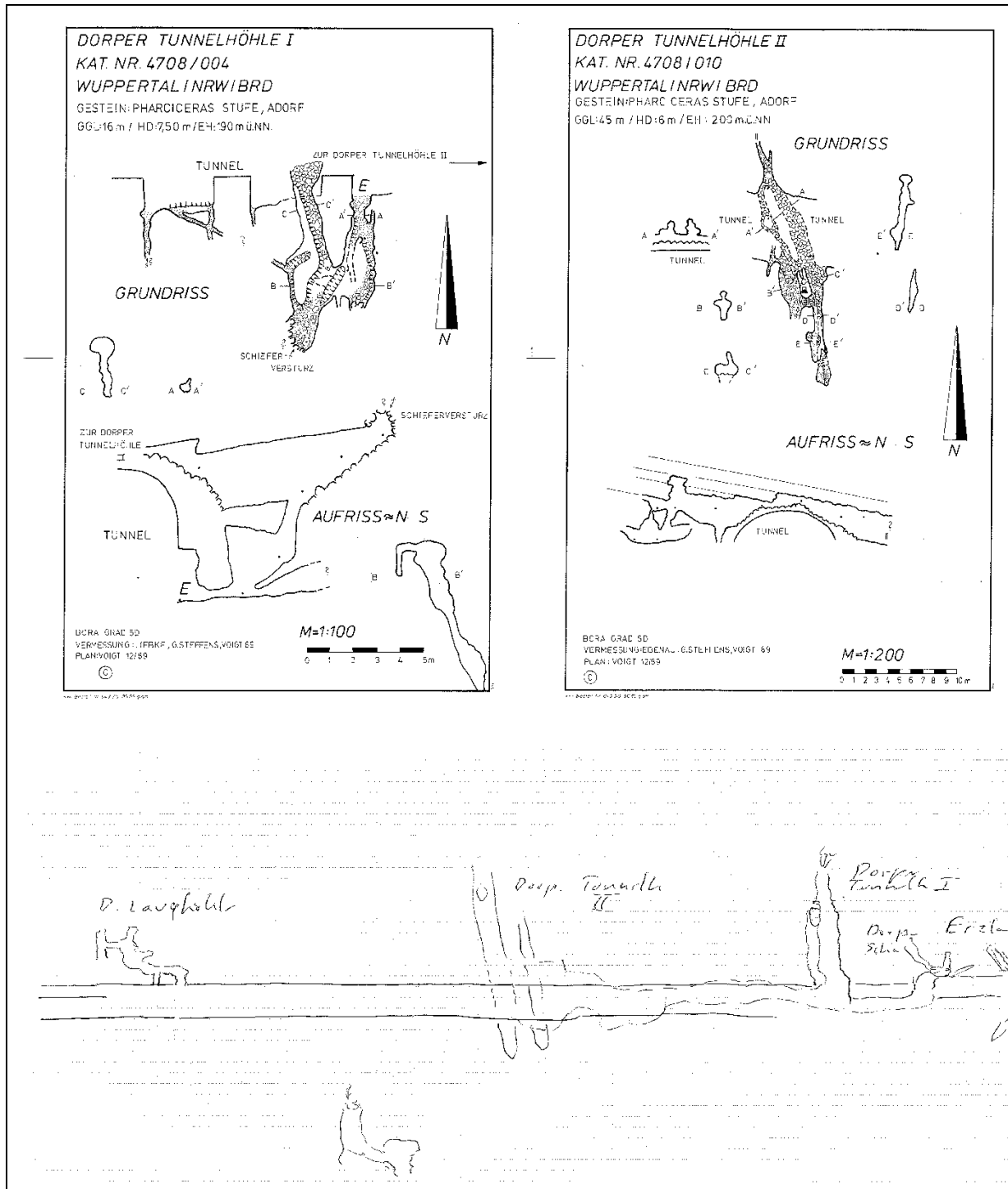


Abbildung 13: Skizzen der Tunnelhöhlen Tunnel Dorp (Quelle: C. Voigt, Kluterhöhlenverein e.V.)



Abbildung 14: Lage der Höhlen im Tunnel Dorp

Tabelle 5: Ausbauphasen Tunnel Dorp

Tunnel Dorp Ausbauphasen	
Abfräsen der alten Spritzbetonschale	2013
Installation der Beleuchtung	2013
Einbau eines Schutzgerüsts	07.2013
Rad- und Fußwegnutzung	08.2013
Spritzbetonschale, Wegebau	04-08.2014
Wegenutzung mit Beleuchtung	08.2014