

Aus dem Institut für Genetik, Ernährung und Haltung von Haustieren,
Abteilung Tierhaltung und Tierschutz,
der Veterinär-medizinischen Fakultät der Universität Bern
(Prof. Dr. A. Steiger)

Arbeit unter der Leitung von Prof. Dr. A. Steiger und PD Dr. T. Bartels

**Untersuchungen zur Lichtpräferenz von Wellensittichen
(*Melopsittacus undulatus* f. dom.)**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-medizinischen Fakultät
der Universität Bern

vorgelegt von

Sandra Zipp
Darmstadt

2003

Von der Veterinär-medizinischen Fakultät auf Antrag von Prof. Dr. A. Steiger
als Dissertation genehmigt.

Bern,

Der Dekan der
Veterinär-medizinischen Fakultät

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	1
2	Tiere und Methodik.....	3
2.1	Versuchstiere	3
2.2	Tierhaltung.....	5
2.2.1	Fütterung.....	5
2.2.2	Volieren	5
2.3	Beleuchtung	8
2.4	Versuchsanordnung und -ablauf	11
2.5	Datenaufnahme	13
2.5.1	Datenaufnahme Gewicht	13
2.5.2	Ophthalmologische Untersuchung.....	13
2.5.3	Datenaufnahme Aufenthaltspräferenz	13
2.5.4	Datenaufnahme Verhalten	13
2.5.5	Statistische Methoden.....	16
3	Ergebnisse.....	17
3.1	Gewichtsdaten.....	17
3.2	Ophthalmologische Untersuchung.....	17
3.3	Aufenthaltspräferenz.....	17
3.3.1	Volierenpräferenz bei gleicher Beleuchtung	18
3.3.2	Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz.....	22
3.3.3	Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit.....	26
3.3.4	Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit vom Lichtspektrum	30
3.4	Verhalten.....	34
3.4.1	Verhaltensänderungen in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz.....	38
3.4.2	Verhaltensänderungen in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit.....	41
3.4.3	Verhaltensänderungen in Abhängigkeit vom Lichtspektrum	44
4	Diskussion.....	48
4.1	Tierhaltung und Versuchstiere	48
4.2	Verhaltensbeobachtung.....	50
4.2.1	Methodik der Verhaltensbeobachtung.....	50
4.2.2	Bewertungsproblematik von Verhaltensbeobachtungen	50
4.2.3	Zeiteffekt als „Confounder“ (= Störvariable) bei Verhaltensbeobachtungen.....	51
4.3	Präferenztest.....	57
4.3.1	Bewertungsproblematik von Präferenztests	57
4.3.2	Voliereneffekt als „Confounder“	58
4.3.3	Bedeutung von statistischen Signifikanzen im Präferenztest	59
4.4	Aufenthaltspräferenz und Verhalten in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz	60
4.5	Aufenthaltspräferenz und Verhalten in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit	64
4.6	Aufenthaltspräferenz und Verhalten in Abhängigkeit vom Lichtspektrum.....	67
4.7	Fazit für die Praxis.....	75
4.8	Offene Fragen	75
5	Zusammenfassung.....	77
6	Literatur.....	79
7	Anhang.....	85
7.1	Gewichtsdaten.....	86
7.2	Verhalten.....	87
7.2.1	Einfluss der Beleuchtung auf das Verhalten.....	87
7.2.2	Vergleich der einzelnen Verhaltensweisen.....	98
7.3	Protokollblatt Aufenthalt	107
7.4	Protokollblatt Verhalten.....	107

1 Einleitung und Zielsetzung

Wellensittiche sind die in der Schweiz und weltweit am häufigsten gehaltenen Ziervögel. Allein in der Schweiz, Österreich und Deutschland wird die Zahl der in Haushalten beherbergten Wellensittiche gegenwärtig auf über zehn Millionen geschätzt. Doch trotz dieser grossen Anzahl finden sich im Eidgenössischen Tierschutzgesetz und der dazugehörigen Tierschutzverordnung keinerlei Mindestanforderungen an die Haltung von Wellensittichen. Art. 1, Abs. 2 TSchV besagt nur allgemein für alle Tierarten, dass die Fütterung, Pflege und Unterkunft dann angemessen sind, wenn sie nach dem Stand der Erfahrungen und den Erkenntnissen der Physiologie, Verhaltenskunde und Hygiene den Bedürfnissen der Tiere entsprechen. Der Schweizer Tierschutz STS sowie die Fachkommission für Artenschutz in der Schweiz geben in Informationsbroschüren zur Ziervogelhaltung zwar konkrete Ratschläge in Bezug auf Käfiggrösse, Käfigeinrichtung, Fütterung usw., aber jegliche Empfehlungen für eine artgerechte Beleuchtung fehlen (*BVET 1999, Isenbügel und Lerch-Leemann 1999*). Dabei wird ein Grossteil der Wellensittiche, besonders in Zoofachgeschäften und bei Züchtern, in fensterlosen Räumen unter Kunstlichtbedingungen gehalten.

Als künstliche Beleuchtung kommen dabei in der Regel Leuchtstofflampen zum Einsatz. Leuchtstofflampen als technische Lichtquelle sind hinsichtlich ihres Emissionsspektrums aber in erster Linie auf die Ansprüche des Menschen ausgelegt. Setzt man Kunstlicht in der Ziervogelhaltung ein, sind die Ergebnisse aufgrund anatomischer und funktioneller Unterschiede des Vogelauges möglicherweise suboptimal. Das optische Wahrnehmungsvermögen tagaktiver Vögel unterscheidet sich von dem des Menschen unter anderem im Hinblick auf den Umfang des sichtbaren Lichtspektrums sowie die maximale Auflösungsfrequenz für Licht wechselnder Intensität (Flimmerverschmelzungsfrequenz). So kann das Vogelauge für den Menschen unsichtbares UV-Licht (UV = ultraviolett) im Bereich von 320-400 nm wahrnehmen (*Bowmaker et al. 1997, Vorobyev et al. 1998, Wilkie et al. 1998, Prescott und Wathes 1999*). Des Weiteren hat das Vogelauge mit einer Auflösungsfrequenz von bis zu 150 Hz eine wesentlich höhere maximale Auflösungsfrequenz für optische Reize als das menschliche Auge (60-80 Hz) (*Dodt und Wirth 1953, Powell 1967, Ginsburg und Nilsson 1971, Hartmann und Buser 1991, Nuboer et al. 1992, Szölgyényi et al. 2000*). Da das Auge als wichtigstes Sinnesorgan des Vogels gilt, ist also die Frage nach optimalen Lichtverhältnissen in der Ziervogelhaltung unter Kunstlichtbedingungen gerechtfertigt.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es herauszufinden, ob Wellensittiche bestimmte Beleuchtungsformen bevorzugen und ob sich von der Lichtqualität abhängige Verhaltensveränderungen bzw. -beeinflussungen unter den gewählten Beleuchtungsbedingungen nachweisen lassen. In der Literatur wurden solche Untersuchungen bislang hauptsächlich beim Nutzgeflügel beschrieben (*Barnett und Laursen-Jones 1976, Boshouwers und Nicaise 1992, Nuboer et al. 1992, Manser 1996, Widowski und Duncan 1996, Sherwin 1998, Davis et al. 1999, Moinard und Sherwin 1999, Sherwin 1999, Lewis und Morris 2000, Szölgényi et al. 2000, Maddocks et al. 2001b, Moinard et al. 2001*), für Ziervögel finden sich kaum diesbezügliche Angaben (*Maddocks et al. 2001c, Greenwood et al. 2002, Maddocks et al. 2002a*). Um für die Praxis der Ziervogelhaltung relevante Aussagen zu erhalten, wurden a) zwei Leuchtstofflampen mit Vorschaltgeräten, die unterschiedliche Frequenzen erzeugen, b) zwei verschiedene Beleuchtungshelligkeiten bei gleichem Lichtspektrum und c) zwei handelsübliche Leuchtstofflampen mit unterschiedlichen Lichtspektren getestet. Ausserdem wurde bei den genannten Versuchsvarianten geprüft, ob minderpigmentierte Wellensittiche aufgrund ihrer im Bereich des Auges vorhandenen Dysmelanogenese (*Wilken 1998*) und der damit verbundenen erhöhten Lichtempfindlichkeit von normalpigmentierten Wellensittichen abweichende Beleuchtungsbedürfnisse haben.

2 Tiere und Methodik

2.1 Versuchstiere

Für die Untersuchung wurden zwanzig Wellensittiche (*Melopsittacus undulatus* f. dom.) beiderlei Geschlechts (vier Männchen und sechzehn Weibchen) verschiedener Farbschläge ausgewählt. Sie stammten aus der institutseigenen Zucht und befanden sich zum Zeitpunkt des Einsetzens in die Versuchsvolieren im Alter zwischen 9 und 14 Wochen (normalpigmentierte Wellensittiche, Abb. 1) bzw. 29 und 34 Wochen (minderpigmentierte Wellensittiche, Abb. 2). Zur eindeutigen Identifikation waren alle Vögel beringt (Tab. 1a und 1b).

Die zehn normalpigmentierten Wellensittiche wiesen eine unterschiedliche Gefiederfärbung auf, so dass sie anhand des Phänotyps auseinandergelassen werden konnten. Um die minderpigmentierten Wellensittiche unterscheiden zu können, wurden sie an den Schwanzfedern individuell farbig markiert.

Tab. 1a: normalpigmentierte Wellensittiche

Nr.	Farbschlag*	Geschlecht	Ringnummer
1	hellblau opalin	weiblich	278-01-5
2	dunkelgrün spangle heterozygot	männlich	278-01-17
3	dunkelblau spangle heterozygot	weiblich	278-01-23
4	violett Schecke	weiblich	278-01-22
5	dunkelgrün	weiblich	278-01-6
6	graugrün opalin spangle	weiblich	278-01-14
7	graugrün	weiblich	278-01-9
8	hellgrün	weiblich	278-01-19
9	blaues Gelbgesicht	männlich	278-01-18
10	weissblaues Schwarzauge	weiblich	278-01-26

*Bezeichnungen der Farbschläge nach AZ-DWV-DKB-VZE-Wellensittichstandard (1999)

Tab. 1b: minderpigmentierte Wellensittiche

Nr.	Farbschlag*	Geschlecht	Ringnummer
1	Albino Gelbgesicht	weiblich	278-01-61
2	Albino Gelbgesicht (grüne Schwanzfedern)	weiblich	278-01-10
3	Albino Gelbgesicht (grünrote Schwanzfedern)	weiblich	278-01-21
4	Albino Gelbgesicht (rote Schwanzfedern)	weiblich	278-01-1
5	Albino Gelbgesicht (schwarze Schwanzfedern)	männlich	278-01-16
6	Lacewing weiss Gelbgesicht (rotgrüne Schwanzf.)	weiblich	278-01-33
7†	Lacewing gelb (rote Schwanzfedern)	weiblich	278-01-25
8	Lacewing gelb (grüne Schwanzfedern)	weiblich	278-01-27
9	Lacewing gelb (grünrote Schwanzfedern)	weiblich	278-01-44
10	Lutino	männlich	278-01-62

*Bezeichnungen der Farbschläge nach AZ-DWV-DKB-VZE-Wellensittichstandard (1999)



Abb. 1: Normalpigmentierter Wellensittich.

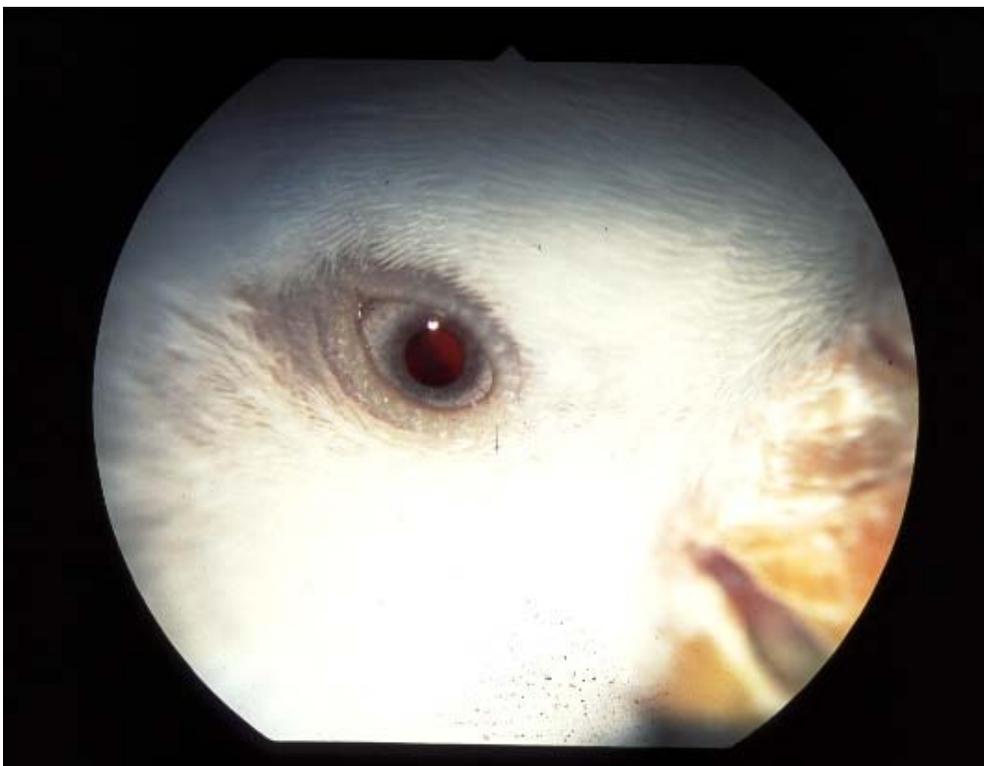


Abb. 2: Minderpigmentierter Wellensittich.

Die Aufzucht der Jungvögel erfolgte in einer Voliere mit den Massen 316.5x103x210 cm. Für die Beleuchtung wurden dimmbare Leuchtstofflampen der Marke Osram (Osram 830, warmweiss, Lumilux Plus Eco, 36W, Länge 120 cm) mit hochfrequenten Vorschaltgeräten eingesetzt. Das verwendete Lichtprogramm war dasselbe wie in den Versuchen und wird in Kap. 2.3 näher beschrieben. Zusätzlich besass der Aufzuchtstraum Fenster, durch die Tageslicht einfallen konnte.

Die Untersuchungen wurden vom Veterinärdienst des Kantons Bern unter der Nummer 85/01 als meldepflichtiger Versuch genehmigt.

Ein minderpigmentiertes Untersuchungstier (Ringnummer 278-01-25) starb am 21.11.2002 vor Beendigung der Datenaufnahme. Zur Abklärung der Todesursache wurde am Institut für Tierpathologie der Universität Bern eine Sektion durchgeführt. Laut Diagnose starb der Wellensittich vermutlich an einer akuten Kreislaufinsuffizienz infolge Verfettung.

2.2 Tierhaltung

2.2.1 Fütterung

Die Wellensittiche erhielten täglich ca. 280 g einer handelsüblichen Sämereienmischung (Hammer 90, Felix Jordi AG, CH-Signau) sowie wöchentlich frische Karottenscheiben, die zur Deckung des Bedarfs an Vitaminen, Spurenelementen und Aminosäuren mit einem Kombinationspräparat (Prime, Rolf C. Hagen, D-Holm) versetzt waren. Magengrit, Kalksteine und Wasser aus Trinkflaschen standen ad libitum zur Verfügung. Futter und Wasser wurden in beiden Volieren in gleicher Menge und im Übermass angeboten, so dass die Nahrungsaufnahme keinen Wechsel zwischen den Volieren erforderte.

2.2.2 Volieren

Der Versuchsaufbau bestand aus zwei Volieren (Tierbehausungsbau J. Kärcher, D-Ditzingen: Aluminium-Normteile mit feuerverzinkten Gittern, Gittermaschengrösse 12x12 mm, Drahtstärke 1 mm) mit rechteckigem Grundriss (316.5x103x210 cm), die mit der Längsseite parallel aneinandergestellt waren (Abb. 3).

Eine Öffnung (42x30 cm) in der Mitte der lichtundurchlässigen Trennwand in 118 cm Höhe erlaubte den Vögeln, ungehindert zwischen den Volieren zu wechseln. Beide Volieren waren spiegelbildlich symmetrisch identisch eingerichtet. Bis auf die Frontseite und die Decke waren sie mit an der Aussenseite der Volierengitter angeklebten mittelbraunen Hartfaserplatten (Stärke 3 mm) verkleidet. So konnte von aussen kein Licht einfallen, und die beiden Licht-

räume waren voneinander getrennt. Zusätzlich war der gesamte umgebende Versuchsraum abgedunkelt. Jede Voliere war durch ein Türelement (60x120 cm) an der Stirnseite zugänglich. Pro Voliere dienten fünf gerillte Hartholzstangen (Buchenholz, Länge 100 cm, Durchmesser 15 mm bzw. 18 mm), in drei verschiedenen Höhen angebracht, als Sitzgelegenheiten. Der Volierenboden war mit gehäckseltem Hanfstroh eingestreut.

Da der Versuchsraum nicht voll klimatisiert war, schwankten Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit geringfügig mit den jahreszeitlichen Witterungsbedingungen, wobei die Minimaltemperatur bei ca. 21°C lag.

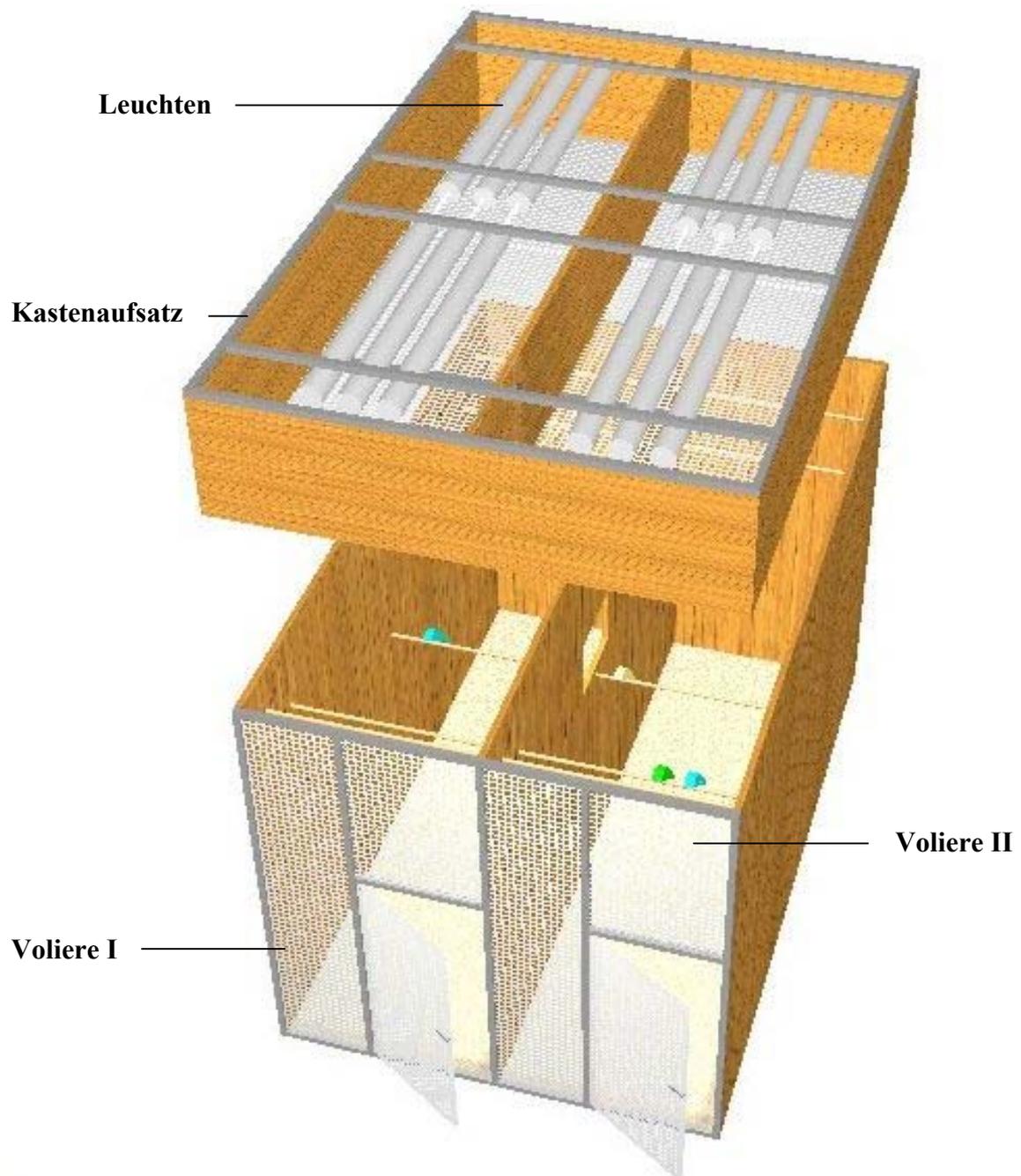


Abb. 3: Volierenaufbau. Der Kastenaufsatz mit der Beleuchtungskonstruktion ist zur besseren Verdeutlichung des Aufbaus angehoben.

2.3 Beleuchtung

Die Beleuchtungskonstruktion war für beide Volieren identisch. Als Leuchenträger fungierte ein hölzerner Kastenaufsatz von 50 cm Höhe und mit den Grundmassen der Volieren. Über jeder Voliere waren sechs Leuchten (3F LINDA, Polycarbonato, 36 W, 230 V, 50 Hz, IP65, Länge 130 cm) im Abstand von 30 cm über dem Volierendach in drei parallelen Reihen à zwei Leuchten angebracht. Bei allen Leuchten wurden die durchsichtigen Schutzblenden an der Unterseite entfernt, um bestmögliche UV-Licht-Transmission zu gewährleisten. Die beiden äusseren Leuchtenreihen waren zur Erzeugung der hochfrequenten Beleuchtung mit elektronischen Vorschaltgeräten (Philips HF-R 136 TLD, >42 kHz) ausgestattet, die dritte mittlere Leuchtenreihe mit einem konventionellen Vorschaltgerät (ERC MEC 86/58 Cod. 602388, 100 Hz) gab übliches niederfrequentes Licht ab. Jede Leuchtenreihe konnte separat über Schalter bedient werden.

Für „einfache Helligkeit“ wurde eine Leuchtenreihe, für „doppelte Helligkeit“ wurden zwei Leuchtenreihen eingeschaltet. Die Beleuchtungsstärke wurde innerhalb der Volieren auf verschiedenen Höhenebenen (Volierendach, Sitzstangen, Volierenboden) mit Hilfe eines digitalen Luxmeters (Unitest 93480, Silizium-Sensor mit Cosinus-Korrektur, Messbereich 0.01-200.000 lx, Fa. BEHA, D-Glottertal) ermittelt. Dabei wurde das Luxmeter mit nach oben gerichteter Lichtmesszelle jeweils im Abstand von zehn Zentimetern über den Volierenboden bzw. die Stangen gehalten, um die Beleuchtungsstärke auf Augenhöhe der Wellensittiche zu erfassen. Die Luxmessungen wurden auf jeder Ebene an mehreren Messpunkten durchgeführt und anschliessend gemittelt (Tab. 2).

Die nicht stetige Abnahme der Beleuchtungsstärke von oben nach unten resultiert aus der unterschiedlichen Lage der Stangen in Bezug zu den Enden der Leuchtenzeile. Mit der vorhandenen Beleuchtungsanordnung konnte die Versuchsbedingung „doppelte Helligkeit“ am Boden und an der Decke zufriedenstellend, in den übrigen Ebenen nur eingeschränkt erreicht werden.

Tab. 2: Gemittelte Beleuchtungsstärken für die unterschiedlichen Beleuchtungsformen in den Volieren auf verschiedenen Höhenebenen.

Beleuchtungsform	Volierendach (210 cm)	Stangen (186 cm)	Stangen (169 cm)	Stangen (113 cm)	Volierenboden (0 cm)
Referenzbeleuchtung	953 lx	391 lx	453 lx	385 lx	140 lx
100 Hz-Beleuchtung	1131 lx	426 lx	522 lx	445 lx	152 lx
Doppelte Helligkeit	2006 lx	790 lx	915 lx	701 lx	277 lx
UV-haltige Beleuchtung	1415 lx	556 lx	657 lx	598 lx	214 lx

Sämtliche Leuchten wurden über eine Zeitschaltuhr (Fa. RDW Beleuchtungstechnik, CH-Bern) gesteuert. Die mit elektronischen Vorschaltgeräten ausgestatteten Leuchten waren bis auf 3% der Lichtleistung dimmbar, so dass Dämmerungsverhältnisse zu Beginn und Ende der Lichtperiode geschaffen werden konnten. Die „Morgendämmerung“ begann um 6.30 Uhr, und um 7.00 Uhr war die volle Lichtleistung erreicht. Die „Abenddämmerung“ setzte um 16.40 Uhr ein, und ab 17.10 Uhr herrschte völlige Dunkelheit.

Die Länge der verwendeten Leuchtstofflampen betrug 120 cm, der Durchmesser 2.6 cm und die Lichtleistung 36 W. Eine Übersicht über die eingesetzten Leuchtstofflampen und ihre Eigenschaften gibt Tab. 3.

Tab. 3: Verwendete Leuchtstofflampen

Lichtfarbe	Spektrum	Farbtemperatur	Fabrikat
Tageslichtweiss	400-720 nm	> 5000 K	Sylvania 860 Fa. Sylvania
Vollspektrumlampe (12% UVA und 2.4% UVB)	300-720 nm	5600 K	Arcadia Bird Lamp Teleca GmbH

Von den eingesetzten Leuchtstofflampen fertigte die DMP AG in Fehrlortorf eine Spektralanalyse an (LI-1800 Portable Spectroradiometer, Fa. LI-COR). Die Messungen wurden in einem abgedunkelten Raum durchgeführt, und der Abstand zwischen Spektrometriemeter und Leuchtstofflampe betrug 118 cm. Die Abb. 4 und 5 geben die Spektren der verwendeten Leuchtstofflampen wieder. Zum Vergleich ist ein typisches Sonnenlichtspektrum in relativer Grösse beigelegt, das mit demselben Spektrometriemeter an einem wolkenlosen Tag zur Mittagszeit gemessen wurde (Abb. 6).

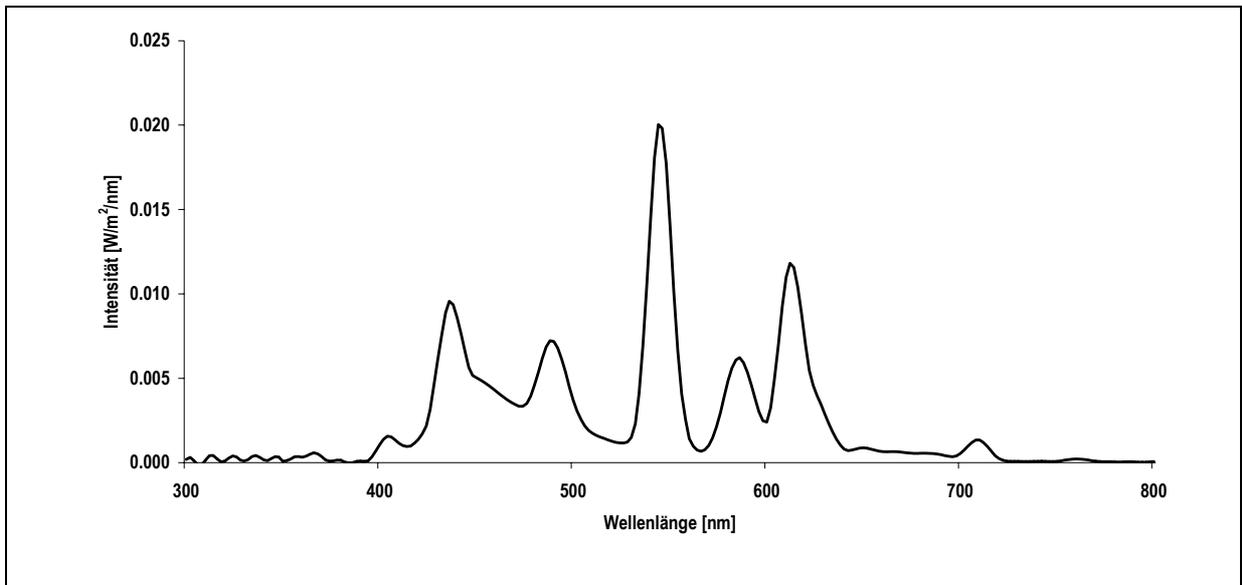


Abb. 4: Lichtspektrum Sylvania 860.

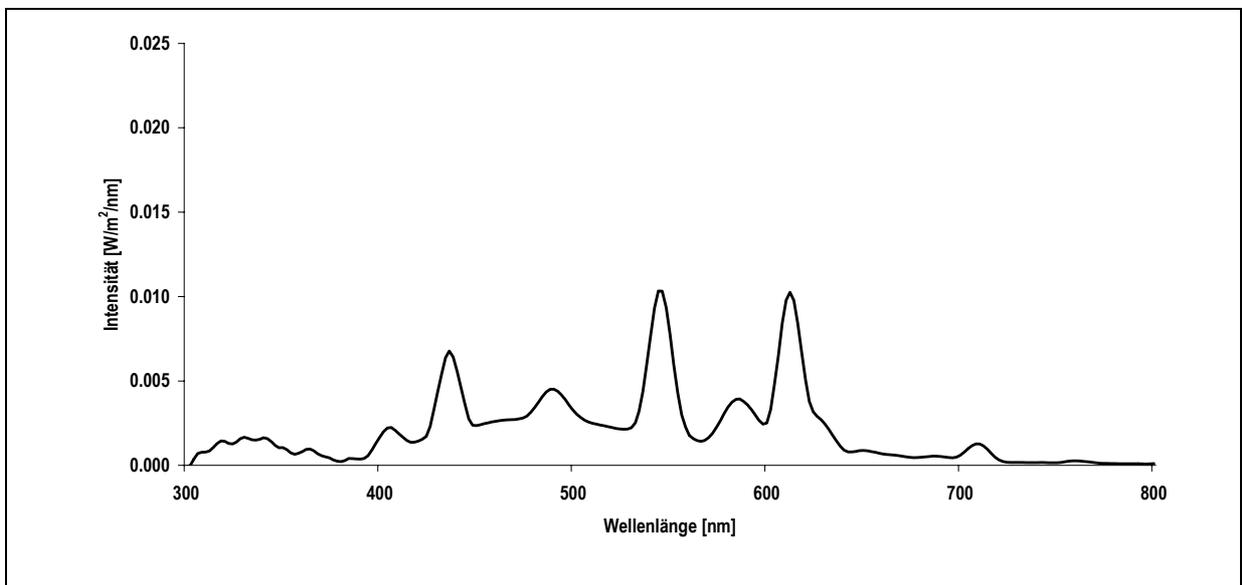


Abb. 5: Lichtspektrum Arcadia Bird Lamp.

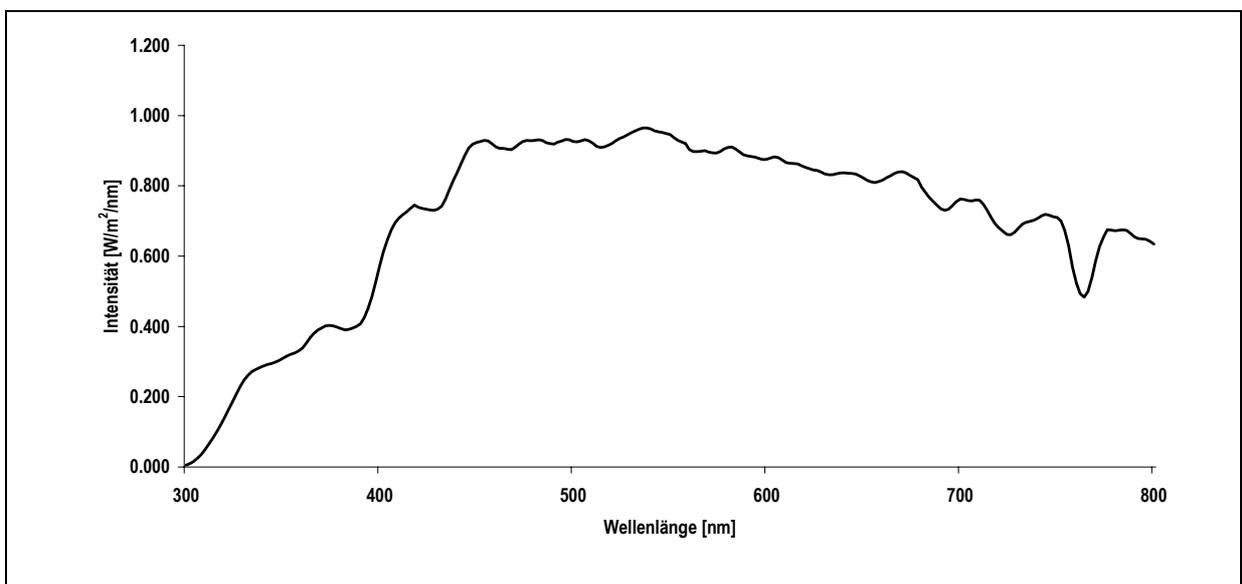


Abb. 6: Sonnenlichtspektrum.

2.4 Versuchsanordnung und -ablauf

Bei der Untersuchung kamen eine Referenzbeleuchtung und drei Testbeleuchtungen zum Einsatz (Tab. 4). Für Testbeleuchtung 1 (= 100 Hz-Beleuchtung) und Testbeleuchtung 2 (= doppelte Helligkeit) ist die „Referenzbeleuchtung“ Bezugsgrösse, da sie gleichzeitig „42 kHz-Beleuchtung“ und „einfache Helligkeit“ ist. Für Testbeleuchtung 3 (= UV-haltige Beleuchtung) stellt die „doppelte Helligkeit“ (= Testbeleuchtung 2) die Bezugsgrösse dar, da sie eine UV-freie Beleuchtung ist. Der Parameter, in dem sich die jeweilige Testbeleuchtung von der zugehörigen Referenzbeleuchtung unterscheidet, ist in Tab. 4 durch Fettdruck hervorgehoben.

Tab. 4: Zusammenstellung der untersuchten Beleuchtungsformen

Beleuchtungsform	Frequenz	mittlere Helligkeit	Lichtfarbe
Referenzbeleuchtung	>42 kHz	464.4 lx	Tageslichtweiss
100 Hz-Beleuchtung (1. Testbeleuchtung)	100 Hz	535.2 lx	Tageslichtweiss
Doppelte Helligkeit (2. Testbeleuchtung)	>42 kHz	937.8 lx	Tageslichtweiss
UV-haltige Beleuchtung (3. Testbeleuchtung)	>42 kHz	688.0 lx	Vollspektrum

Die Untersuchung gliederte sich in drei Hauptversuche (Tab. 5). In jedem Hauptversuch wurde eine Testbeleuchtung mit der zugehörigen Referenzbeleuchtung verglichen. Ein Hauptversuch dauerte vier Wochen und setzte sich aus drei Abschnitten zusammen. Die ersten beiden Abschnitte waren als Wahlversuch zwischen Referenz- und Testbeleuchtung angelegt. Dabei konnten die Vögel zwischen einer Voliere mit der Referenzbeleuchtung und einer Voliere mit der Testbeleuchtung wählen. Im ersten Abschnitt (1. Woche) erhielt Voliere I die Referenzbeleuchtung und Voliere II die Testbeleuchtung. Im zweiten Abschnitt (2. Woche) wurden die Seiten gewechselt, um ggf. eine von der Beleuchtung unabhängige Bevorzugung einer Voliere auszugleichen. Im dritten Abschnitt (3. und 4. Woche) folgte eine zweiwöchige Verhaltensbeobachtung. Dazu erhielten beide Volieren die gleiche Beleuchtung (jeweilige Testbeleuchtung), um das Verhalten der Vögel darunter zu erfassen und mit demjenigen unter den anderen Beleuchtungsformen zu vergleichen.

Vor Beginn und nach Abschluss aller Hauptversuche wurde den Wellensittichen über je eine Woche in beiden Volieren die Referenzbeleuchtung angeboten. Mit Hilfe einer Videokamera wurde die Verteilung der Wellensittiche aufgezeichnet, um eine möglicherweise vorhandene beleuchtungsunabhängige Präferenz für eine der beiden Volieren zu erkennen.

Ebenfalls wurde vor Beginn der drei Hauptversuche über zwei Wochen hinweg das Verhalten der Wellensittiche unter der Referenzbeleuchtung beobachtet, um es mit dem Verhalten unter den drei Testbeleuchtungen vergleichen zu können. Die Vorgehensweise hierbei war gleich wie bei den Verhaltensbeobachtungen unter den drei Testbeleuchtungen.

Tab. 5: Gliederung der Versuche

Vor Versuchsbeginn			
1 Woche	Referenzbeleuchtung beidseitig		Eingewöhnung
1 Woche	Referenzbeleuchtung beidseitig		Volierenpräferenz
2 Wochen	Referenzbeleuchtung beidseitig		Verhalten
1. Hauptversuch			
1 Woche	1. Testbeleuchtung Voliere I	Referenzbeleuchtung Voliere II	Aufenthaltspräferenz
1 Woche	Referenzbeleuchtung Voliere I	1. Testbeleuchtung Voliere II	Aufenthaltspräferenz
2 Wochen	1. Testbeleuchtung beidseitig		Verhalten
2. Hauptversuch			
1 Woche	2. Testbeleuchtung Voliere I	Referenzbeleuchtung Voliere II	Aufenthaltspräferenz
1 Woche	Referenzbeleuchtung Voliere I	2. Testbeleuchtung Voliere II	Aufenthaltspräferenz
2 Wochen	2. Testbeleuchtung beidseitig		Verhalten
3. Hauptversuch			
1 Woche	3. Testbeleuchtung Voliere II	Referenzbeleuchtung Voliere I	Aufenthaltspräferenz
1 Woche	Referenzbeleuchtung Voliere II	3. Testbeleuchtung Voliere I	Aufenthaltspräferenz
2 Wochen	3. Testbeleuchtung beidseitig		Verhalten
Nach Versuchsende			
1 Woche	Referenzbeleuchtung beidseitig		Volierenpräferenz

Die Untersuchungen wurden nacheinander an zwei Wellensittichgruppen durchgeführt, wobei die erste Gruppe aus zehn normalpigmentierten Wellensittichen bestand, während sich die zweite Gruppe aus zehn minderpigmentierten Wellensittichen zusammensetzte.

Die erste Wellensittichgruppe (normalpigmentierte Wellensittiche) durchlief die Versuchsanordnung im Zeitraum von Anfang April bis Ende August, die zweite Gruppe (minderpigmentierte Wellensittiche) von Ende August bis Anfang Januar.

2.5 Datenaufnahme

Nach dem Umsetzen in die Versuchsvolieren wurde den Wellensittichen eine einwöchige Eingewöhnungsphase gewährt.

2.5.1 Datenaufnahme Gewicht

Zum Zeitpunkt des Einsetzens in die Versuchsvolieren sowie nach Beendigung aller Versuche wurden die Gewichtsdaten jedes Wellensittichs aufgenommen (Waage Modell Sartorius Basic BL 1500 S, Fa. Windaus, D-Magdeburg; Wägbereich bis 1500 g, Ablesbarkeit 0.01 g).

2.5.2 Ophthalmologische Untersuchung

Alle Wellensittiche wurden vor dem Einsetzen in die Versuchsvolieren einer Augenuntersuchung unterzogen (Handophthalmoskop Beta 200, Fa. Heine, D-Herrsching).

2.5.3 Datenaufnahme Aufenthaltspräferenz

Die Beleuchtungspräferenz der Wellensittiche wurde mittels Wahlversuchen festgestellt (Scan Sampling, *Martin und Bateson* 1993). Dazu wurde während des ersten und zweiten Abschnitts jedes Hauptversuchs der Aufenthaltsort der Vögel täglich von 6.30 Uhr bis 17.10 Uhr per Videokamera aufgezeichnet. Die Ausstattung für die Videodokumentation umfasste folgende Geräte: eine Kamera mit Zoomobjektiv (Cosmicar Pentax, 3.5-8 mm, 1:1.4), einen Panasonic Langzeit-Videorecorder (Modell AG-6730) und einen Panasonic Videomonitor (WV-BM 1910). Bei der Auswertung des Videobandes wurde alle zehn Minuten die Verteilung der Wellensittiche zu diesem Zeitpunkt in den beiden Volieren (Voliere I, Voliere II, Durchflugöffnung) erfasst und auf einem Protokollblatt festgehalten (siehe Anhang).

2.5.4 Datenaufnahme Verhalten

Die Verhaltensbeobachtungen an den Wellensittichen stellten den dritten Abschnitt jedes Hauptversuches dar. Hierfür wurde eine Intervall-Methode, das sog. One-Zero-Sampling (*Martin und Bateson* 1993), gewählt. Für die Verhaltensbeobachtungen wurden beide Volie-

ren, wie bereits zuvor erwähnt, mit der gleichen Beleuchtung versehen. Ein Beobachter sass im Abstand von ca. einem Meter vor den Volieren und notierte alle Verhaltensweisen, die ein vorher ausgewählter Wellensittich zeigte, auf einem Protokollblatt (siehe Anhang). Die Gesamtbeobachtungszeit pro Gruppe und Hauptversuch belief sich auf insgesamt 25 Stunden. Die Beobachtungszeit für jeden einzelnen Wellensittich unter jeder der Beleuchtungsbedingungen betrug 2.5 Stunden. Jedes Individuum wurde an zehn verschiedenen Tagen jeweils zu einem anderen Zeitpunkt (sample point) eine Viertelstunde lang beobachtet. Die nachfolgende Tab. 6 enthält das hierfür verwendete Rotationsschema. Die Viertelstunde wurde mit Hilfe eines audiovisuellen Intervallgebers (Timer 03, Fa. Mönning, D-Hannover) in 60 Intervalle zu 15 Sekunden (sample intervals) unterteilt. Trat eine Verhaltensweise innerhalb eines Beobachtungsintervalls einmal oder mehrmals auf, wurde unabhängig von der Häufigkeit oder Dauer des Auftretens eine „1“ notiert. Nicht gezeigte Verhaltensweisen bekamen eine „0“. Zeigte ein Wellensittich innerhalb eines Beobachtungsintervalls mehrere verschiedene Verhaltensweisen, wurde entsprechend bei allen vorgekommenen Verhaltensweisen eine „1“ eingetragen.

Tab. 6: Rotationsschema für die Verhaltensbeobachtungen. Die zehn Wellensittiche wurden mit den Ziffern 1-10 durchnummeriert.

Uhrzeit	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
8.30-8.45	1	2	3	4	5	-	-	6	7	8	9	10	-	-
8.45-9.00	2	3	4	5	6	-	-	7	8	9	10	1	-	-
9.00-9.15	3	4	5	6	7	-	-	8	9	10	1	2	-	-
9.15-9.30	4	5	6	7	8	-	-	9	10	1	2	3	-	-
9.30-9.45	5	6	7	8	9	-	-	10	1	2	3	4	-	-
9.45-10.00	6	7	8	9	10	-	-	1	2	3	4	5	-	-
14.30-14.45	7	8	9	-	1	-	-	2	3	4	-	6	-	-
14.45-15.00	8	9	10	-	2	-	-	3	4	5	-	7	-	-
15.00-15.15	9	10	1	-	3	-	-	4	5	6	-	8	-	-
15.15-15.30	10	1	2	-	4	-	-	5	6	7	-	9	-	-
15.30-15.45	1	2	3	-	5	-	-	6	7	8	-	10	-	-

Die Einteilung der Verhaltensweisen erfolgte anhand eines im Rahmen von Voruntersuchungen erstellten Ethogrammes (Tab. 7).

Tab. 7: Ethogramm des Wellensittichs

Verhaltensweise	Definition der Verhaltensweise
Schlafen	Kopf nach hinten gewandt zwischen den Flügeln, Augen geschlossen
Ruhen	unbewegliches Sitzen, Kopf leicht eingezogen, Augen offen oder zu
Umherschauen	Kopf wird gedreht oder schräg gehalten, die Augen sind geöffnet
Laufen	auf dem Boden oder auf der Stange
Klettern	Auf- oder Abwärtsklettern am Gitter
Fliegen	Fortbewegung in der Luft mit Hilfe der Flügel
Hüpfen	mit beiden Beinen gleichzeitiges kräftiges Abstossen vom Boden oder von der Stange mit maximal einem Flügelschlag
Lüften	Flügel im Schultergelenk abgewinkelt, aber nicht entfaltet
Plustern	Aufplustern des Gefieders
Schütteln	Schütteln des Gefieders zur Entfernung von Schmutzpartikeln
Putzen/Kratzen	Gefiederpflege mit dem Schnabel oder mit dem Fuss
Strecken	Flügel und Bein einer Körperhälfte werden nach hinten gestreckt
Fressen	Futter- bzw. Gritaufnahme aus der Schale oder vom Boden
Bodenpicken	Picken in der Einstreu
Trinken	Wasseraufnahme aus der Nippeltränke
Koten	Absetzen von Kot
Agonistisches Verhalten	auf den Kopf eines Artgenossen gerichtetes Hacken oder Schnappen
Defensives Verhalten	Zurückweichen bis hin zur Flucht im Laufen, Fliegen, Klettern oder Hüpfen
Balz	Ansingen, Balztrippeln, Schnabeltippen, "Pumpen" (nur Männchen aktiv)
Paarverhalten	Balzfüttern, Kopfkraulen, Aufsteigen/Aufsteigen dulden sowie jeglicher nichtaggressiver Kontakt zwischen zwei Wellensittichen
Lautäusserung	Lautäusserungen, die nicht im Zusammenhang mit einer Balzhandlung stehen (Rufen, Singen)
Objektbalz	Ausführen von Balzhandlungen gegen ein Objekt
Knabbern	Bearbeiten eines Gegenstandes mit dem Schnabel

Zusätzlich wurden für die statistische Auswertung miteinander verwandte Verhaltensweisen in Gruppen, sog. Funktionskreise, zusammengefasst (Tab. 8).

Tab. 8: Einteilung der Verhaltensweisen in Funktionskreise

Funktionskreis	Verhaltensweise
Funktionskreis Orientierungsverhalten	Umherschauen/Beobachten
Funktionskreis Lokomotion	Laufen Klettern Fliegen Hüpfen
Funktionskreis Komfortverhalten	Plustern Schütteln Putzen/Kopfkratzen Lüften/Flügelheben Strecken (Flügel-Bein-Strecken)
Funktionskreis Sozialverhalten	Agonistisches Verhalten Defensives Verhalten Balz Paarverhalten Lautäusserung
Funktionskreis Beschäftigung mit einem Gegenstand	Knabbern
Funktionskreis Stoffwechselbedingtes Verhalten	Fressen Bodenpicken Trinken Koten
Funktionskreis Ruheverhalten	Ruhen Schlafen
Funktionskreis Hypertrophiertes Verhalten	Objektbalz

2.5.5 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms NCSS 2000 (Kaysville, UT, USA). Zur Ermittlung der Beleuchtungspräferenz der Wellensittiche wurde der Kruskal-Wallis One-Way ANOVA on Ranks Test auf der Basis einer zweiseitigen Fragestellung und fünf Prozent Irrtumswahrscheinlichkeit verwendet. Für den Nachweis von Verhaltensänderungen bzw. -beeinflussungen durch die verschiedenen Beleuchtungsformen fiel die Wahl auf den Wilcoxon Signed-Rank Test, da aufgrund der kleinen Stichprobe eine Normalverteilung der Daten nicht immer gegeben war.

3 Ergebnisse

3.1 Gewichtsdaten

Aus den Tab. 23 und 24 (siehe Anhang) lassen sich die an den Wellensittichen zu Beginn und nach Abschluss der Versuche erhobenen Gewichtsdaten entnehmen.

3.2 Ophthalmologische Untersuchung

Alle Versuchstiere waren klinisch unauffällig. Bei der ophthalmologischen Untersuchung konnten, soweit mit vorhandener Technik feststellbar, keine pathologischen Befunde an den Augen der Wellensittiche diagnostiziert werden.

3.3 Aufenthaltspräferenz

Zur Feststellung der Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Beleuchtung wurde in jedem Hauptversuch über zehn Tage hinweg zwischen 6.30 - 17.10 Uhr in 10-Minuten-Intervallen die Verteilung der Wellensittiche auf die beiden unterschiedlich beleuchteten Volieren protokolliert. Daraus wurde die mittlere Verteilung pro Tag errechnet und anschließend der Mittelwert über alle zehn Beobachtungstage gebildet. Die statistische Prüfung auf Signifikanz wurde anhand der Einzelbeobachtungen mit Hilfe des Kruskal-Wallis Tests durchgeführt.

3.3.1 Volierenpräferenz bei gleicher Beleuchtung

Vor Beginn und nach Beendigung der eigentlichen Hauptversuche wurden beide Volieren jeweils über eine Woche hinweg mit der Referenzbeleuchtung beleuchtet, um eine möglicherweise vorhandene beleuchtungsunabhängige Volierenpräferenz zu erfassen. Bei der Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche konnte eine signifikante ($p = 0.006$), wenn auch geringfügige Bevorzugung von Voliere II beobachtet werden (Abb. 8), wobei die Volierenpräferenz von Tag zu Tag zum Teil beträchtlichen Schwankungen unterworfen war (Abb. 7).

Nach dem gleichen Prinzip wurde für die Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche ebenfalls vor Versuchsbeginn und nach Abschluss der drei Hauptversuche die Volierenpräferenz ermittelt. Hier zeigte sich eine über die einzelnen Tage hinweg gleich bleibende deutliche und signifikante ($p < 0.001$) Präferenz für Voliere I (Abb. 9 und 10).

Vergleicht man die Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche mit der Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche, so zeigt sich Folgendes: während die normalpigmentierten Wellensittiche ein leichte, aber signifikante Vorliebe für Voliere II erkennen liessen, bewiesen die minderpigmentierten Wellensittiche eine signifikante und deutliche Neigung, sich hauptsächlich in Voliere I aufzuhalten (Abb. 11).

Damit diese Volierenpräferenz keinen Einfluss auf die Versuche nehmen konnte, wurde später bei allen Hauptversuchen nach einer Woche ein Seitenwechsel von Referenz- und Testbeleuchtung vorgenommen.

Volierenpräferenz bei gleicher Beleuchtung (normalpigmentierte Wellensittiche)

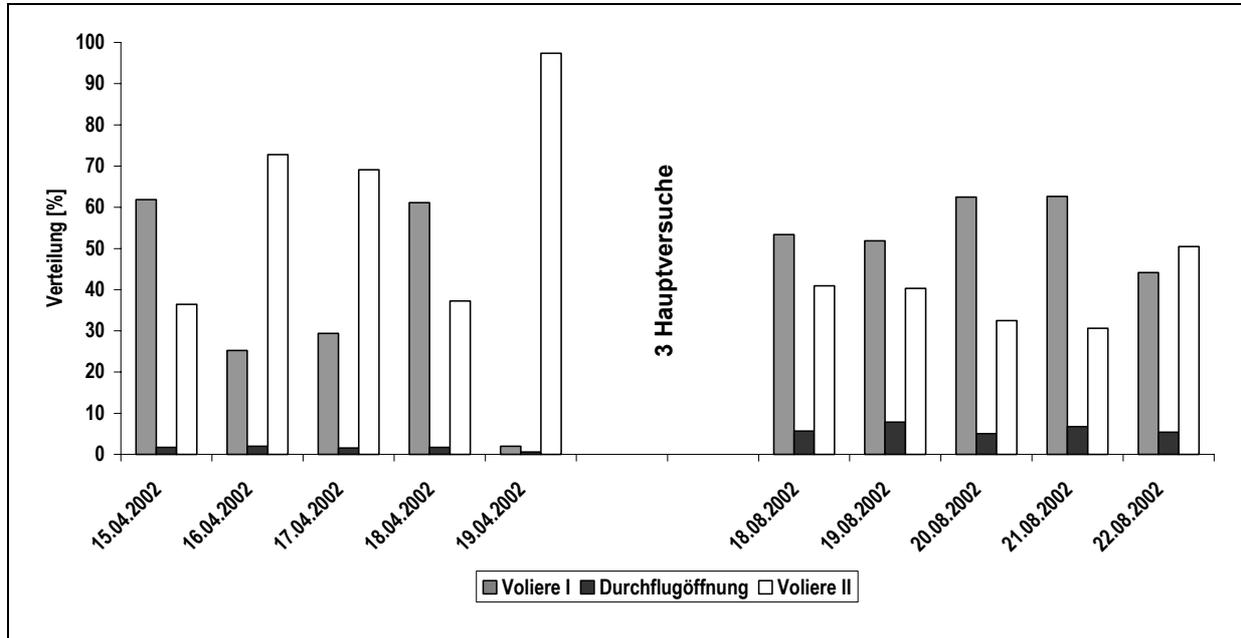


Abb. 7: Einzeltagbetrachtung. Die Aufenthaltspräferenz der normalpigmentierten Wellensittiche ($n=10$) in zwei Volieren mit gleichen Beleuchtungsbedingungen (Referenzbeleuchtung) wurde über jeweils fünf Tage vor Beginn und nach Beendigung der drei Hauptversuche ermittelt. In jeder Säulengruppe repräsentiert die erste Säule Voliere I, die zweite Säule die Durchflugöffnung und die dritte Säule Voliere II.

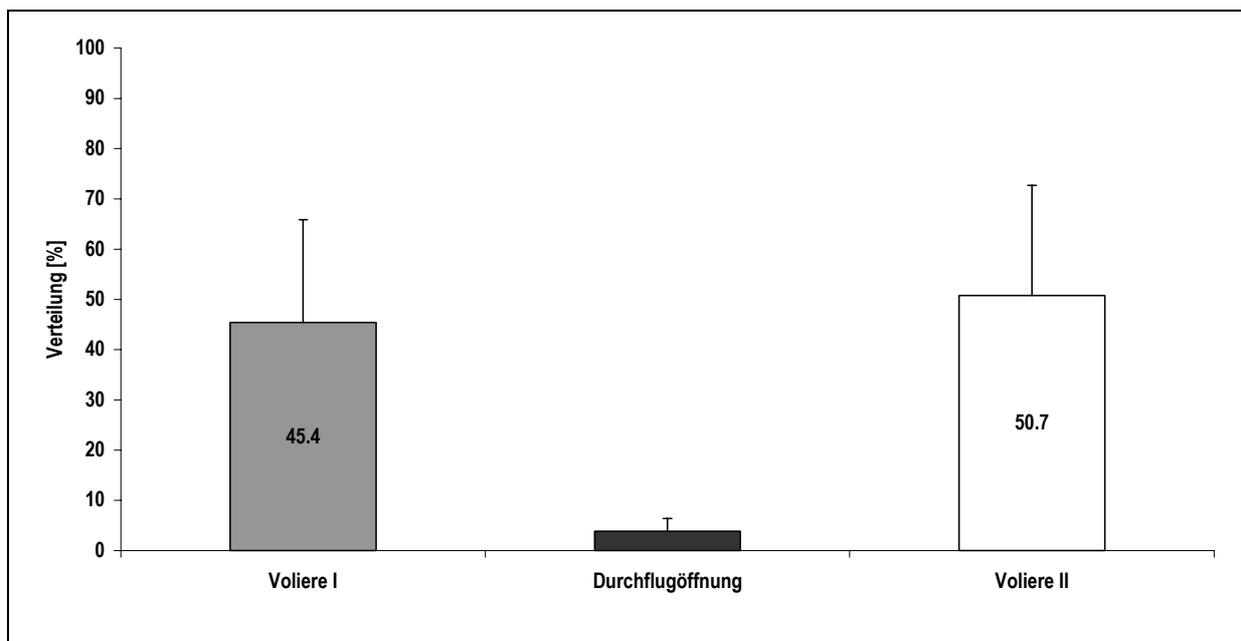


Abb. 8: Mittelwertbetrachtung mit Standardabweichung. Daten wie in Abb. 7, gemittelt über alle zehn Versuchstage.

Volierenpräferenz bei gleicher Beleuchtung (minderpigmentierte Wellensittiche)

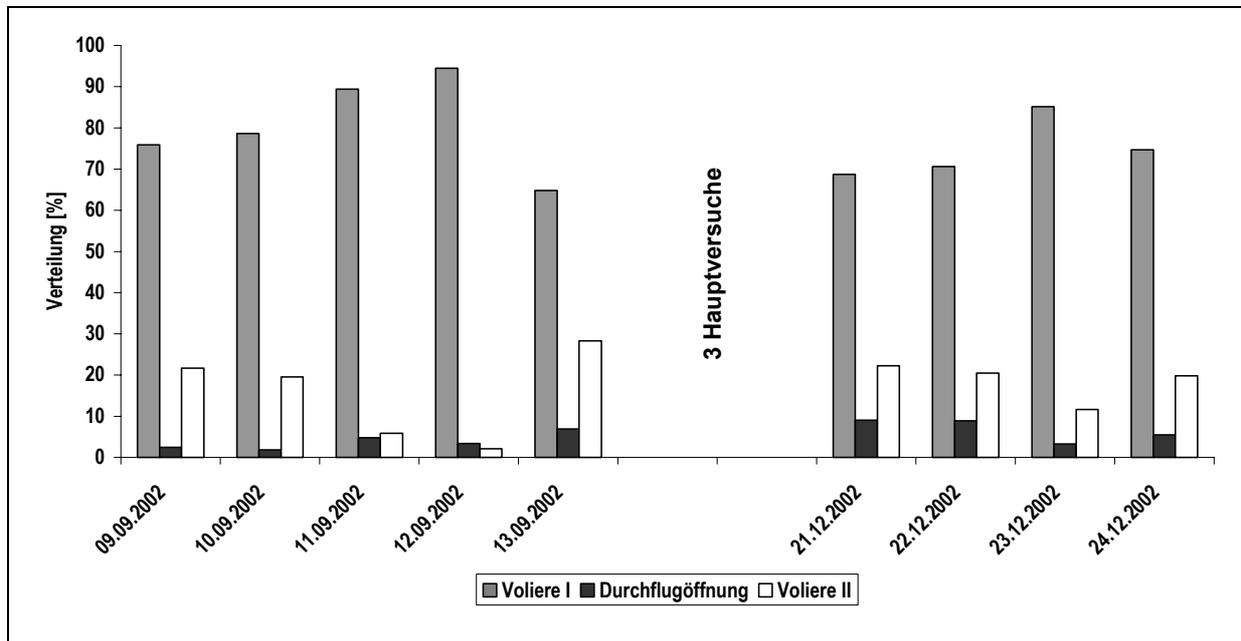


Abb. 9: Einzeltagbetrachtung. Die Aufenthaltspräferenz der minderpigmentierten Wellensittiche (n=10) in zwei Volieren mit gleichen Beleuchtungsbedingungen (Referenzbeleuchtung) wurde über fünf Tage vor Beginn und vier Tage nach Beendigung der drei Hauptversuche ermittelt. In jeder Säulengruppe repräsentiert die erste Säule Voliere I, die zweite Säule die Durchflugöffnung und die dritte Säule Voliere II.

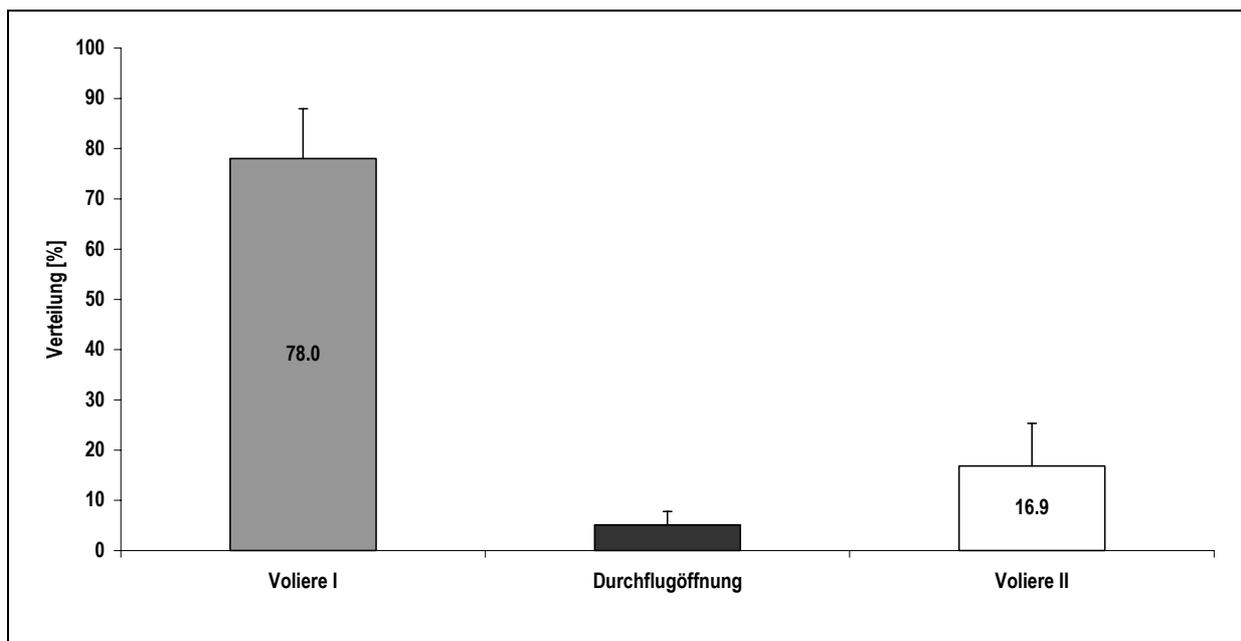


Abb. 10: Mittelwertbetrachtung mit Standardabweichung. Daten wie in Abb. 9, gemittelt über alle neun Versuchstage.

Vergleich der Volierenpräferenz

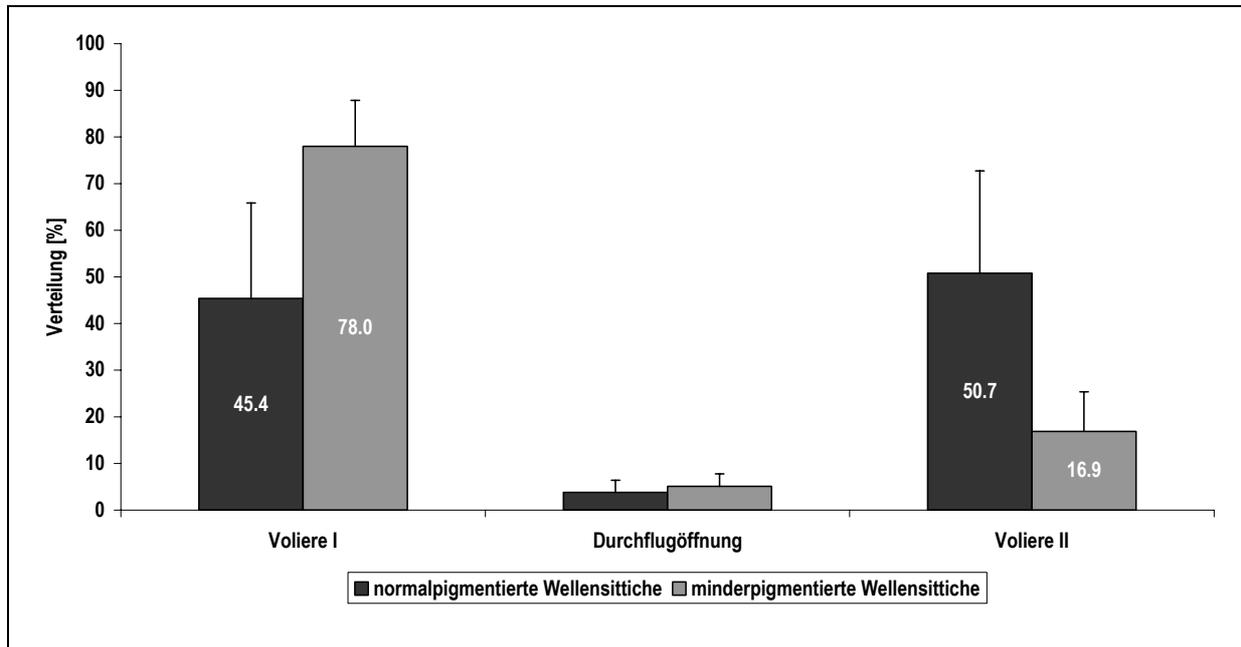


Abb. 11: Verteilung der normalpigmentierten Wellensittiche (n=10) und der minderpigmentierten Wellensittiche (n=10) auf die beiden Volieren mit gleichen Beleuchtungsbedingungen (Referenzbeleuchtung). Mittelwerte mit Standardabweichung.

Tab. 9: Werte zu Abb. 11 (Mittelwerte \pm Standardabweichung) und statistisch gesicherte Unterschiede hinsichtlich der Volierenpräferenz bei gleicher Beleuchtung.

	Voliere I	Durchflugöffnung	Voliere II	Kruskal-Wallis Test
normalpig. Wellensittiche	45.40 \pm 20.43	(3.83 \pm 2.59)	50.77 \pm 21.93	p = 0.006
minderpig. Wellensittiche	77.70 \pm 9.89	(5.27 \pm 2.68)	17.03 \pm 8.50	p < 0.001

3.3.2 Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz

Der erste Wahlversuch bot den Wellensittichen die Möglichkeit, sich zwischen dem Aufenthalt unter einer niederfrequenten (100 Hz) und einer hochfrequenten (42 kHz) Beleuchtung zu entscheiden. Hier bevorzugten die normalpigmentierten Wellensittiche signifikant ($p = 0.019$) häufiger die hochfrequente Beleuchtung (48.2%) gegenüber der niederfrequenten Beleuchtung (43.8%) (Abb. 13).

Anhand der Einzeltagbetrachtung (Abb. 12) wird allerdings deutlich, dass die Bevorzugung der Beleuchtungsfrequenz tageweise wechselte und zudem nicht besonders stark ausgeprägt war.

Die Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche hielt sich mit 52.5% signifikant ($p < 0.001$) häufiger unter der 100 Hz-Beleuchtung als mit 40.6% unter der 42 kHz-Beleuchtung auf (Abb. 15).

Aus der Betrachtung der einzelnen Tage wird aber ersichtlich, dass die Präferenz für Voliere I offenbar einen wesentlich stärkeren Einfluss auf den Aufenthaltsort der Wellensittiche ausübte als die Frequenz der Beleuchtung. Nur am letzten Beobachtungstag änderte sich diese Volierenpräferenz zugunsten von Voliere II (Abb. 14).

Abb. 16 zeigt die Präferenz der normal- bzw. minderpigmentierten Wellensittiche im direkten Vergleich. Während die Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche signifikant häufiger die hochfrequente Beleuchtung (42 kHz) bevorzugte, fiel die Wahl der minderpigmentierten Wellensittiche genau gegensätzlich dazu aus. Sie gaben der niederfrequenten Beleuchtung (100 Hz) den Vorzug, wobei sie aber dem Aufenthalt in Voliere I eine wesentlich grössere Bedeutung beizumessen schienen als der sich darüber befindenden Beleuchtung.

Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz
(normalpigmentierte Wellensittiche)

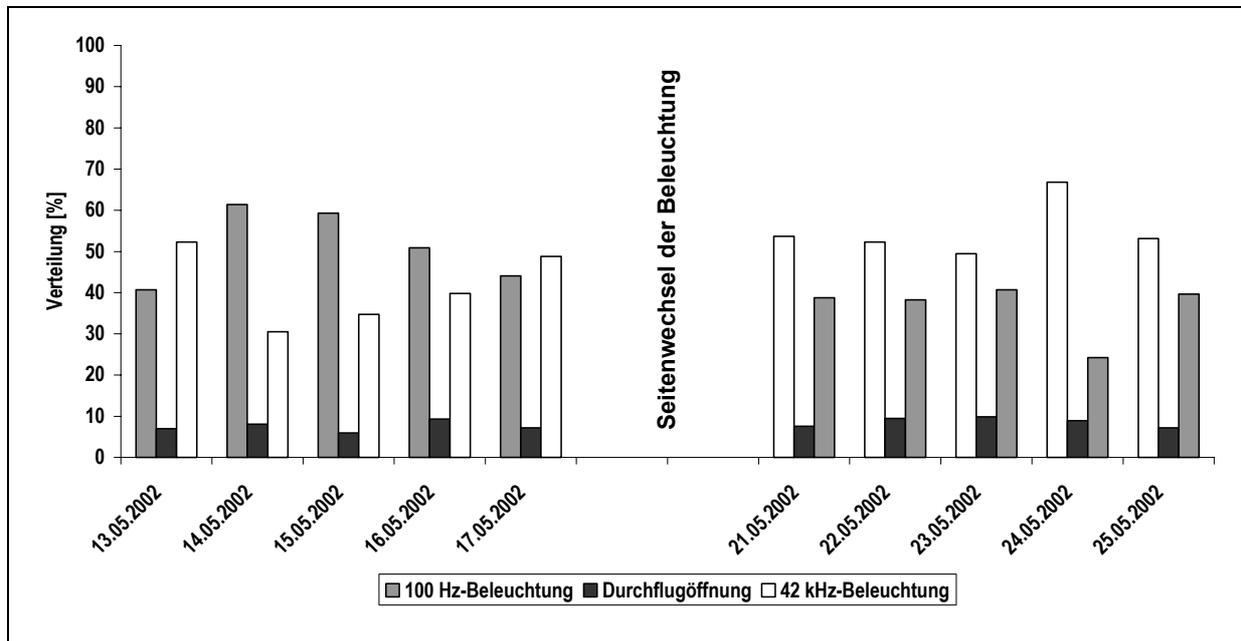


Abb. 12: Einzeltagbetrachtung. Verteilung der normalpigmentierten Wellensittichgruppe (n=10) auf die beiden Volieren mit 100 Hz-Beleuchtung bzw. 42 kHz-Beleuchtung. In jeder Säulengruppe repräsentiert die erste Säule Voliere I, die zweite Säule die Durchflugöffnung und die dritte Säule Voliere II. Nach einer Versuchswoche wurden die Beleuchtungen der beiden Volieren vertauscht.

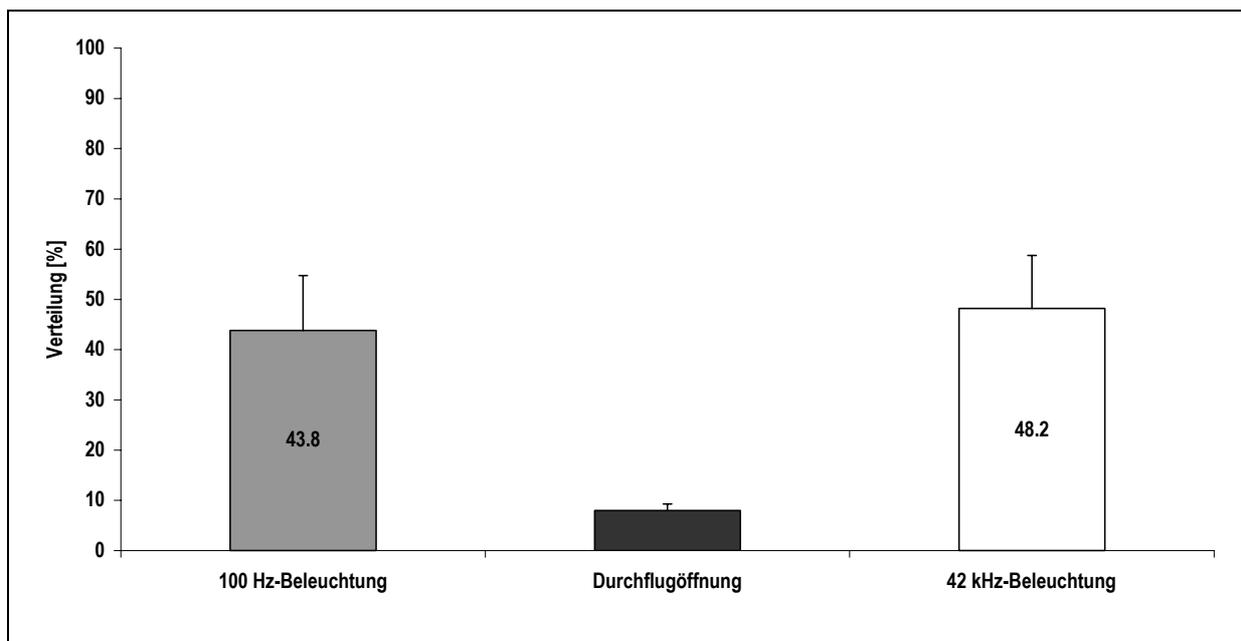


Abb. 13: Mittelwertbetrachtung mit Standardabweichung. Daten wie in Abb. 12, gemittelt über alle zehn Versuchstage.

Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz
(minderpigmentierte Wellensittiche)

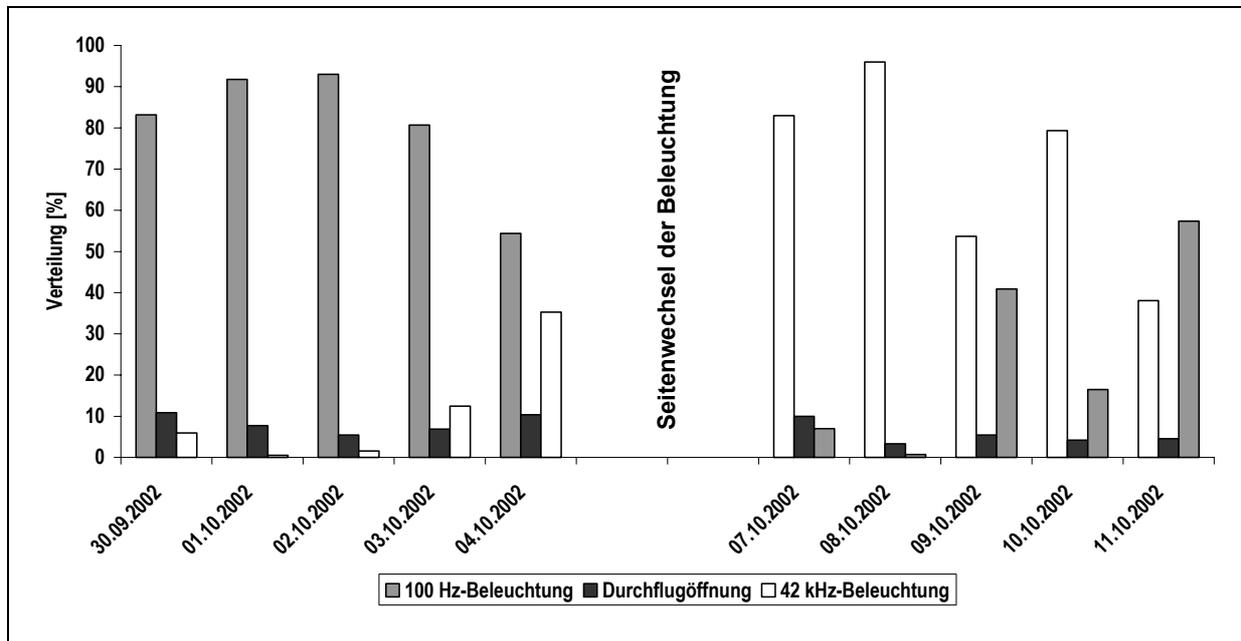


Abb. 14: Einzeltagbetrachtung. Verteilung der minderpigmentierten Wellensittichgruppe (n=10) auf die beiden Volieren mit 100 Hz-Beleuchtung bzw. 42 kHz-Beleuchtung. In jeder Säulengruppe repräsentiert die erste Säule Voliere I, die zweite Säule die Durchflugöffnung und die dritte Säule Voliere II. Nach einer Versuchswoche wurden die Beleuchtungen der beiden Volieren vertauscht.

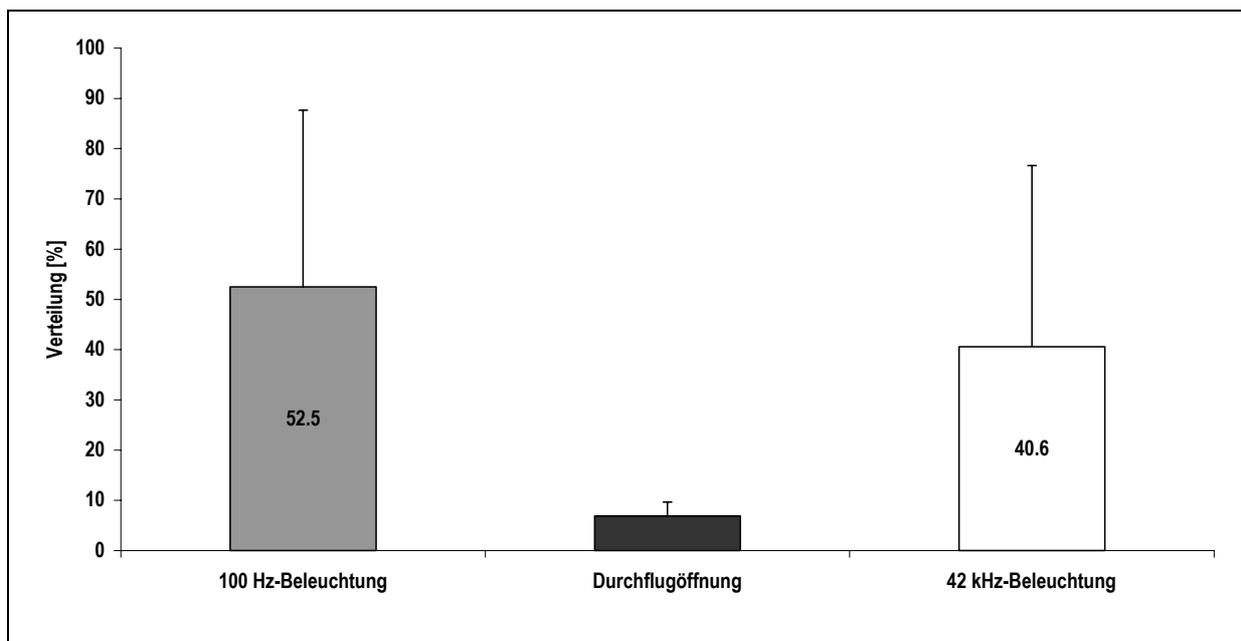


Abb. 15: Mittelwertbetrachtung mit Standardabweichung. Daten wie in Abb. 14, gemittelt über alle zehn Versuchstage.

Vergleich der Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz

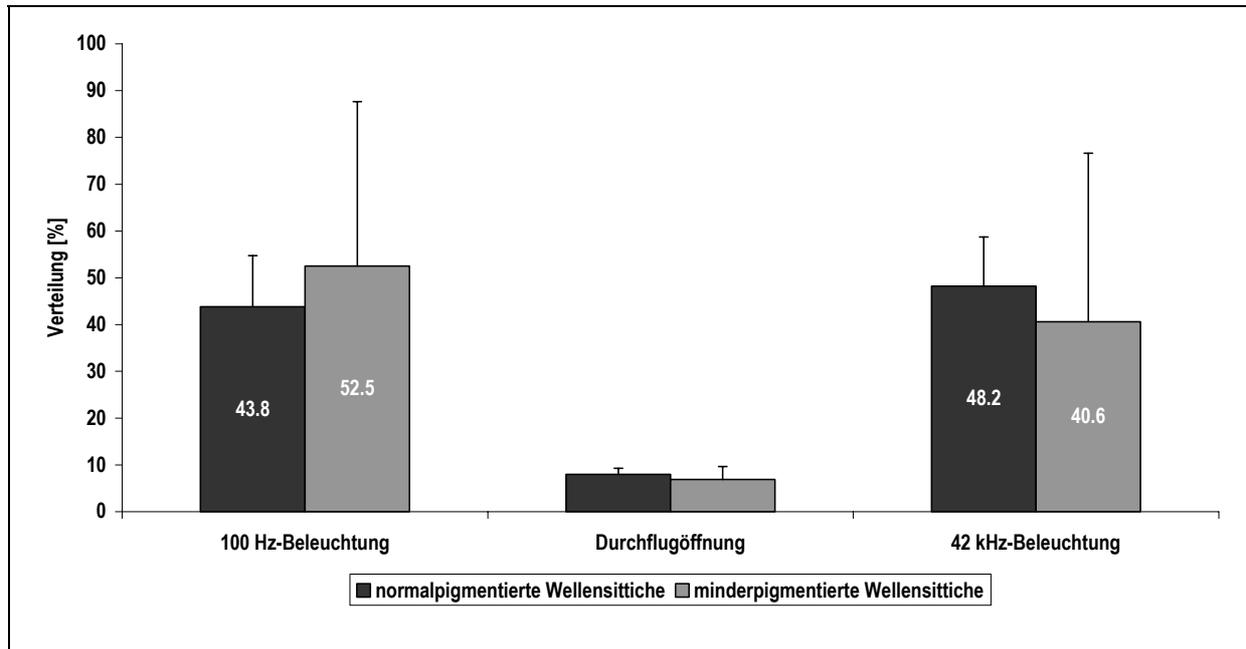


Abb. 16: Verteilung der normalpigmentierten Wellensittiche (n=10) und der minderpigmentierten Wellensittiche (n=10) auf die beiden Volieren mit 100 Hz-Beleuchtung bzw. 42 kHz-Beleuchtung. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Tab. 10: Werte zu Abb. 16 (Mittelwerte \pm Standardabweichung) und statistisch gesicherte Unterschiede hinsichtlich der Aufenthaltspräferenz bei 100 Hz-Beleuchtung und 42 kHz-Beleuchtung.

	100 Hz-Beleuchtung	Durchflugöffnung	42 kHz-Beleuchtung	Kruskal-Wallis Test
normalpig. Wellensittiche	43.79 \pm 10.94	(8.05 \pm 1.28)	48.16 \pm 10.55	p = 0.019
minderpig. Wellensittiche	52.54 \pm 35.16	(6.88 \pm 2.74)	40.58 \pm 36.03	p < 0.001

3.3.3 Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit

Im zweiten Wahlversuch wurde die eine Voliere mit der doppelten Anzahl Leuchtstofflampen wie die Vergleichsvoliere beleuchtet. Die normalpigmentierten Wellensittiche zeigten einen signifikanten ($p < 0.001$), wenn auch nur schwach ausgebildeten, aber dafür weitgehend gleichbleibenden Hang zur heller erleuchteten Voliere (Abb. 17 und 18).

Bei der Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche war indessen eine eindeutige und signifikante ($p < 0.001$) Präferenz für die stärker beleuchtete Voliere unverkennbar (Abb. 19 und 20).

Während sich im Mittel nur 17.1% der Vögel in der Voliere mit einer Leuchtenreihe aufhielten, verbrachten 75.6% der Tiere ihre Zeit in der Voliere, die mit zwei Leuchtenzeilen ausgestattet war. Diese Bevorzugung des höheren Lichtangebots war über alle Tage, wenn auch teilweise in unterschiedlich starker Ausprägung, deutlich vorhanden. Sie war so stark, dass sie sogar über die bis dahin beobachtete Präferenz für Voliere I dominierte, als die doppelte Helligkeit nach einer Woche in Voliere II wechselte.

Im Vergleich wird sichtbar, dass beide Wellensittichgruppen der heller beleuchteten Voliere signifikant den Vorzug gaben (Abb. 21).

Diese Bevorzugung war in beiden Gruppen über die zehn Versuchstage konstant, wobei sie in der Ausprägung bei den minderpigmentierten Wellensittichen wesentlich deutlicher als bei den normalpigmentierten Wellensittichen zu erkennen war.

Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit
(normalpigmentierte Wellensittiche)

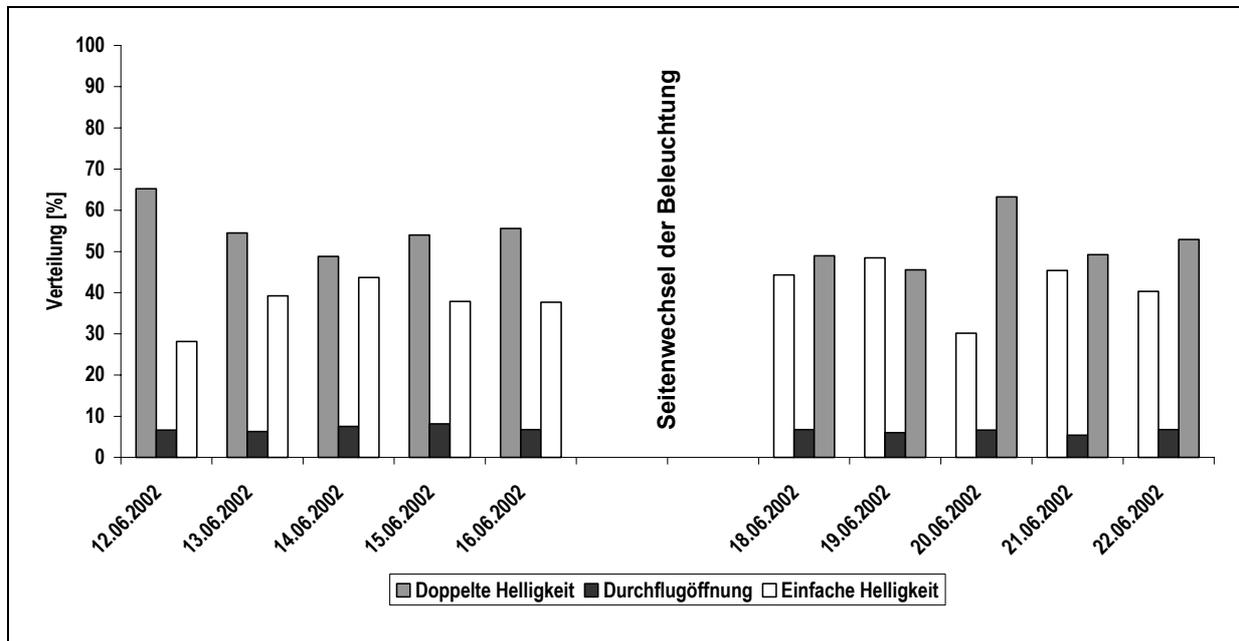


Abb. 17: Einzeltagbetrachtung. Verteilung der normalpigmentierten Wellensittichgruppe (n=10) auf die beiden Volieren mit einfacher Helligkeit bzw. doppelter Helligkeit. In jeder Säulengruppe repräsentiert die erste Säule Voliere I, die zweite Säule die Durchflugöffnung und die dritte Säule Voliere II. Nach einer Versuchswoche wurden die Beleuchtungen der beiden Volieren vertauscht.

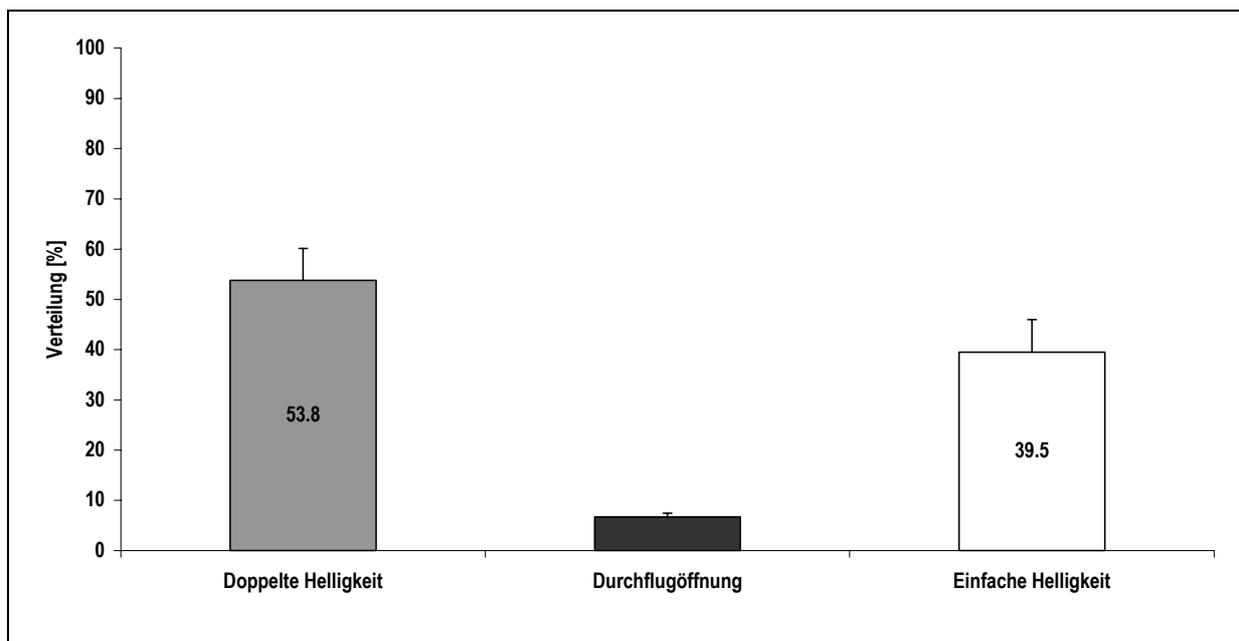


Abb. 18: Mittelwertbetrachtung mit Standardabweichung. Daten wie in Abb. 17, gemittelt über alle zehn Versuchstage.

Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit (minderpigmentierte Wellensittiche)

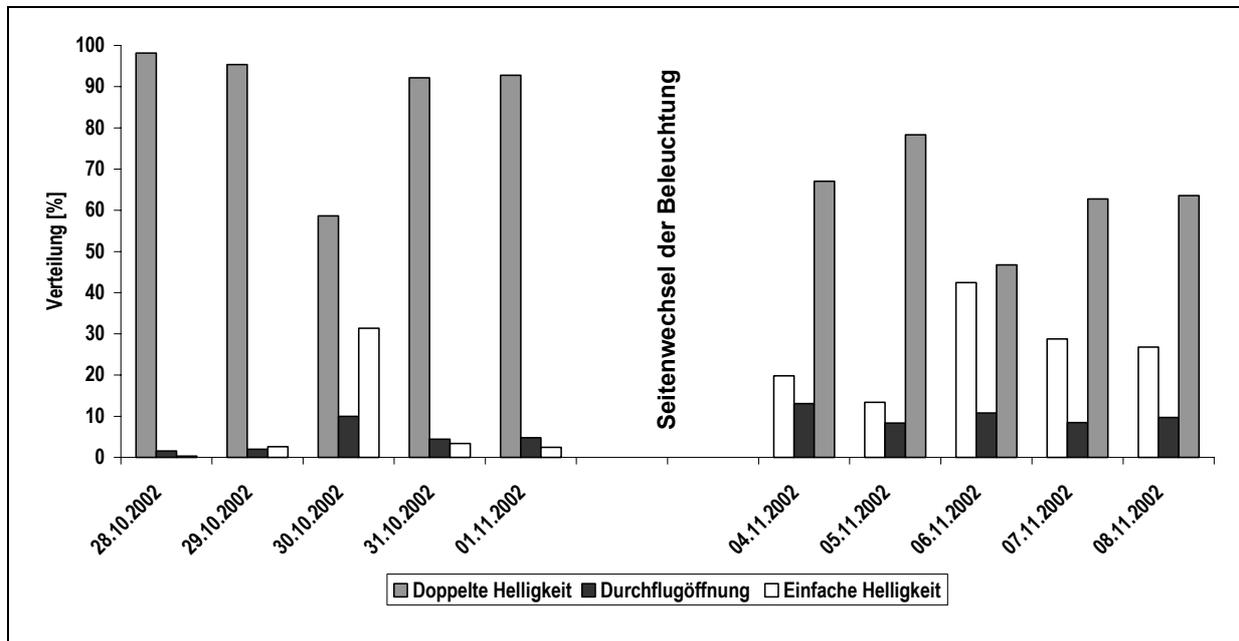


Abb. 19: Einzeltagebetrachtung. Verteilung der minderpigmentierten Wellensittichgruppe (n=10) auf die beiden Volieren mit einfacher Helligkeit bzw. doppelter Helligkeit. In jeder Säulengruppe repräsentiert die erste Säule Voliere I, die zweite Säule die Durchflugöffnung und die dritte Säule Voliere II. Nach einer Versuchswoche wurden die Beleuchtungen der beiden Volieren vertauscht.

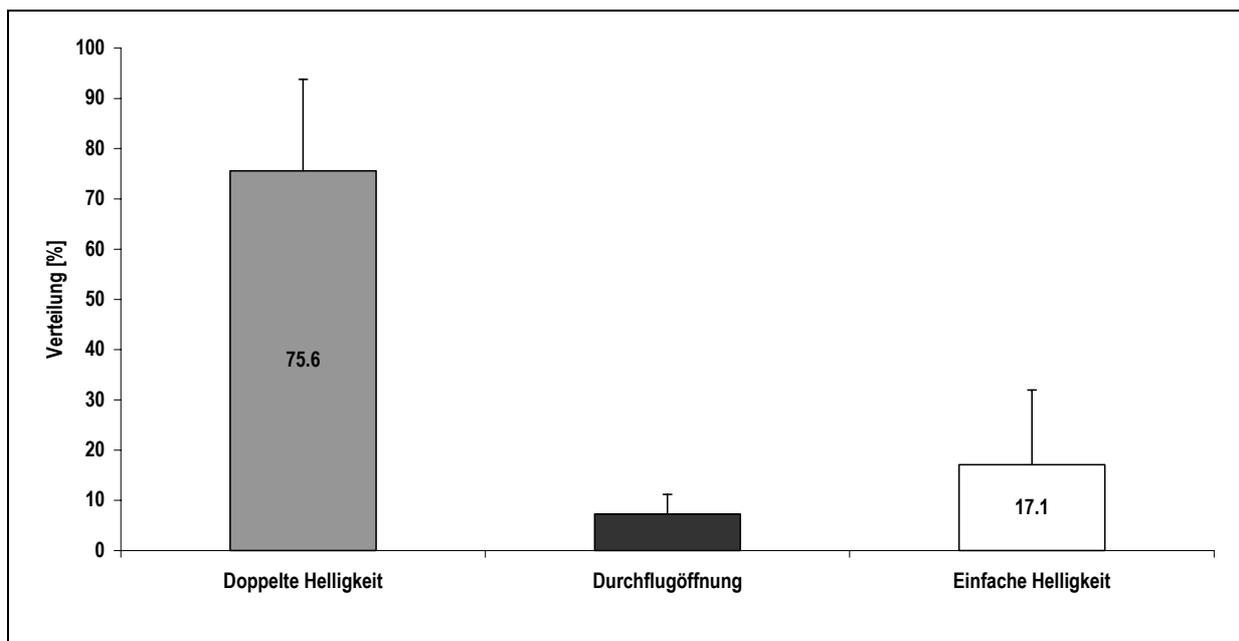


Abb. 20: Mittelwertbetrachtung mit Standardabweichung. Daten wie in Abb. 19, gemittelt über alle zehn Versuchstage.

Vergleich der Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit

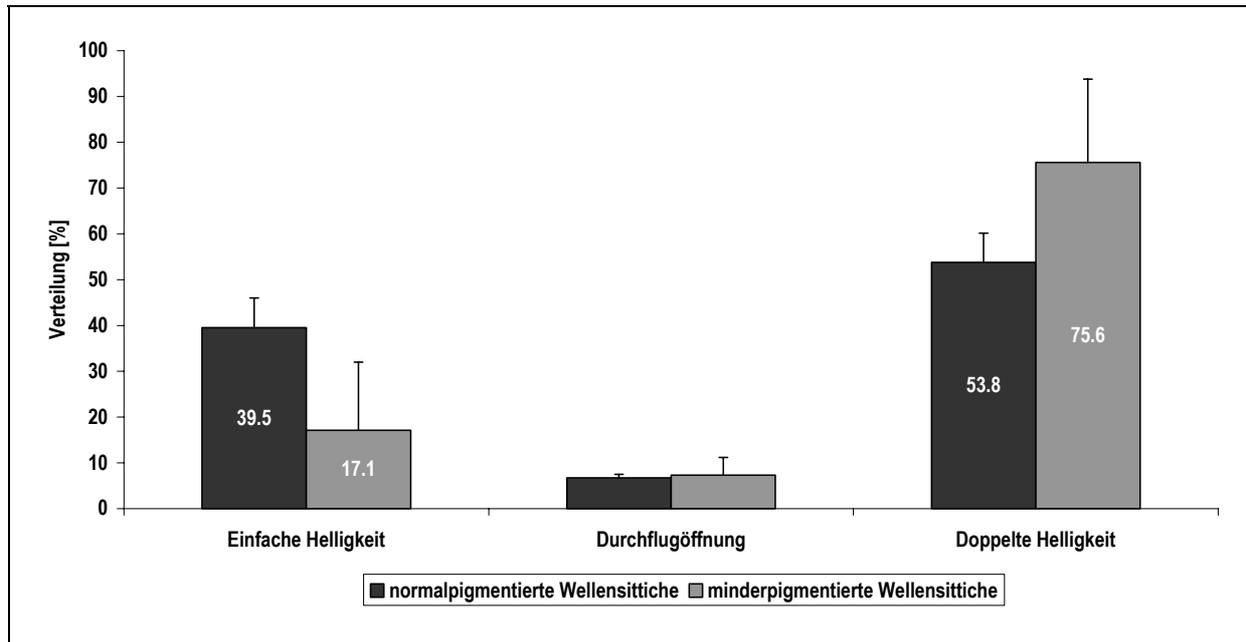


Abb. 21: Verteilung der normalpigmentierten Wellensittiche (n=10) und der minderpigmentierten Wellensittiche (n=10) auf die beiden Volieren mit einfacher Helligkeit bzw. doppelter Helligkeit. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Tab. 11: Werte zu Abb. 21 (Mittelwerte \pm Standardabweichung) und statistisch gesicherte Unterschiede hinsichtlich der Aufenthaltspräferenz bei einfacher Helligkeit und doppelter Helligkeit.

	Einfache Helligkeit	Durchflugöffnung	Doppelte Helligkeit	Kruskal-Wallis Test
normalpig. Wellensittiche	39.52 \pm 6.49	(6.69 \pm 0.76)	53.78 \pm 6.34	p < 0.001
minderpig. Wellensittiche	17.14 \pm 14.88	(7.31 \pm 3.9)	75.55 \pm 18.19	p < 0.001

3.3.4 Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit vom Lichtspektrum

Im dritten und letzten Hauptversuch konnten die Wellensittiche zwischen einer Voliere, die mit herkömmlichen tageslichtweissen Leuchtstofflampen ohne UV-Anteil beleuchtet war, und einer Voliere, die mit speziellen „Bird Lamps“ mit UV-Anteil im Spektrum beleuchtet war, wählen (vgl. Abb. 4 und 5, Kap. 2.3). Die normalpigmentierten Wellensittiche zogen hier signifikant ($p < 0.001$) die tageslichtweissen Leuchtstofflampen ohne UV-Anteil vor, aber die Präferenz war äusserst geringfügig und nicht über alle Tage hinweg konstant (Abb. 22 und 23).

Die Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche favorisierte signifikant ($p < 0.001$) die tageslichtweissen Leuchtstofflampen ohne UV-Anteil (60.5%) gegenüber den „Bird Lamps“ mit UV-Anteil (27.7%) (Abb. 24 und 25).

Auch hier überwog, wie schon zuvor beim Helligkeitsversuch, der Hang zu den tageslichtweissen Leuchtstofflampen ohne UV-Anteil die Neigung, sich in Voliere I aufzuhalten.

Bei der vergleichenden Betrachtung der Wellensittichgruppen lässt sich Folgendes festhalten: beide Gruppen hielten sich signifikant häufiger unter der UV-freien tageslichtweissen Beleuchtung anstatt unter den UV-haltigen „Bird Lamps“ auf. Während diese Bevorzugung bei den normalpigmentierten Wellensittichen aber nur ansatzweise zu beobachten war, war sie bei den minderpigmentierten Wellensittichen eindeutig vorhanden (Abb. 26).

Abschliessend kann zu allen Hauptversuchen bemerkt werden, dass der Einfluss der Beleuchtung auf die Aufenthaltspräferenzen bei den normalpigmentierten Wellensittichen eher schwach, bei den minderpigmentierten Wellensittichen hingegen zum Teil deutlich ausgeprägt war.

Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit vom Lichtspektrum (normalpigmentierte Wellensittiche)

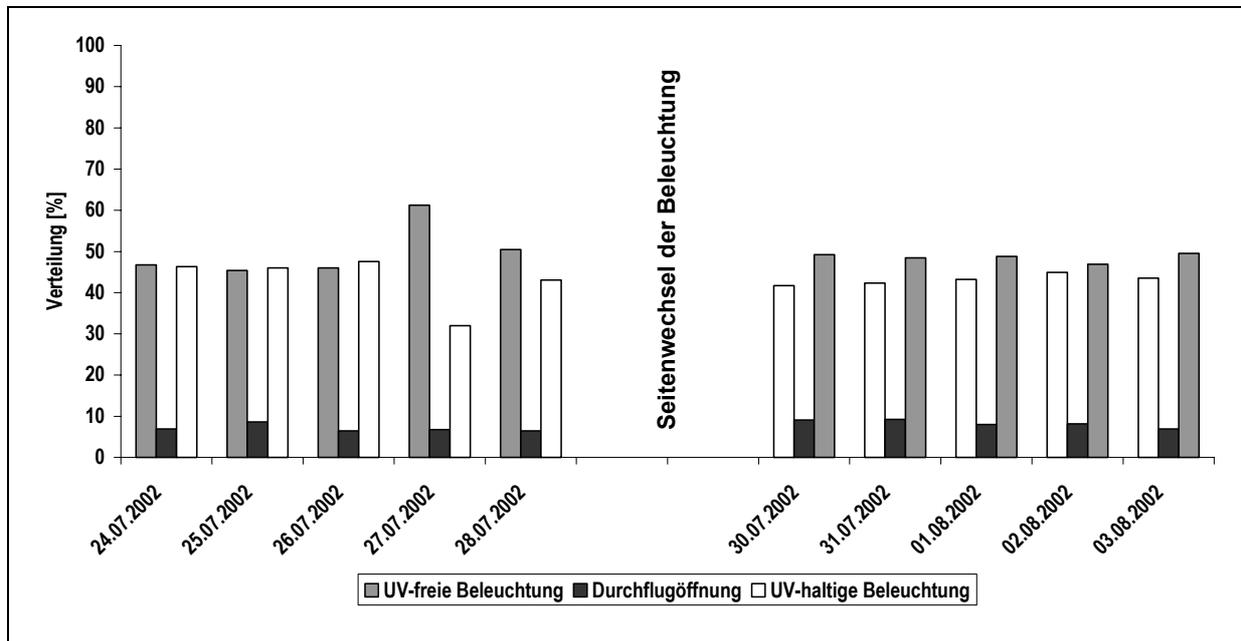


Abb. 22: Einzeltagbetrachtung. Verteilung der normalpigmentierten Wellensittichgruppe (n=10) auf die beiden Volieren mit UV-freier Beleuchtung bzw. UV-haltiger Beleuchtung. In jeder Säulengruppe repräsentiert die erste Säule Voliere I, die zweite Säule die Durchflugöffnung und die dritte Säule Voliere II. Nach einer Versuchswoche wurden die Beleuchtungen der beiden Volieren vertauscht.

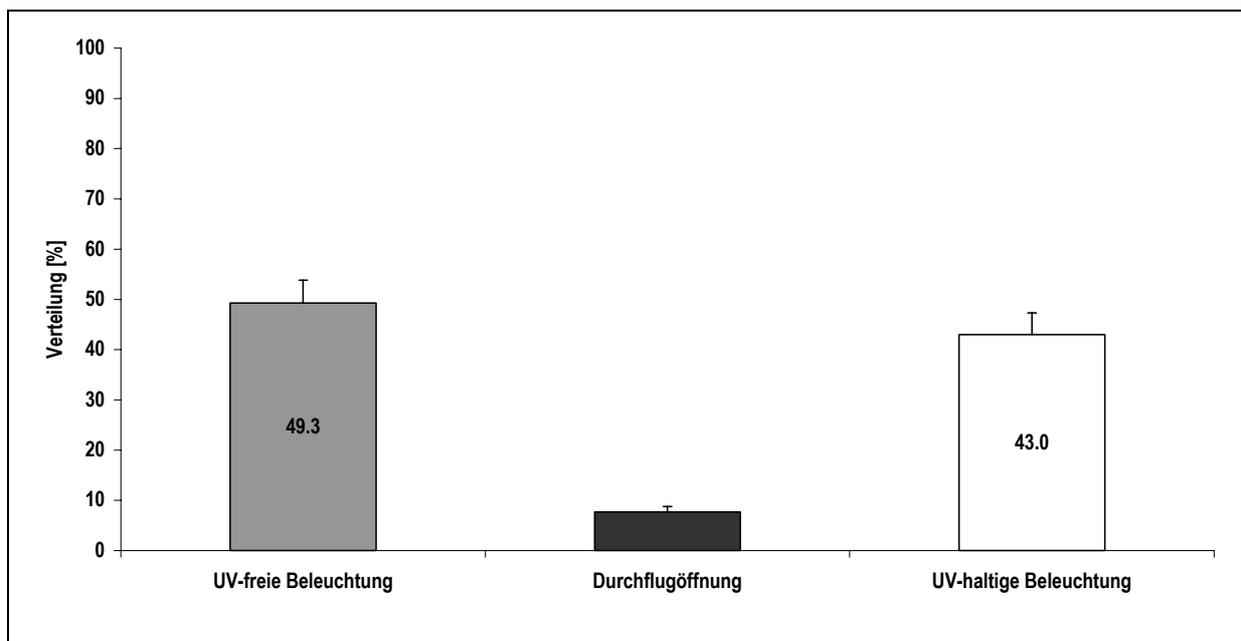


Abb. 23: Mittelwertbetrachtung mit Standardabweichung. Daten wie in Abb. 22, gemittelt über alle zehn Versuchstage.

Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit vom Lichtspektrum (minderpigmentierte Wellensittiche)

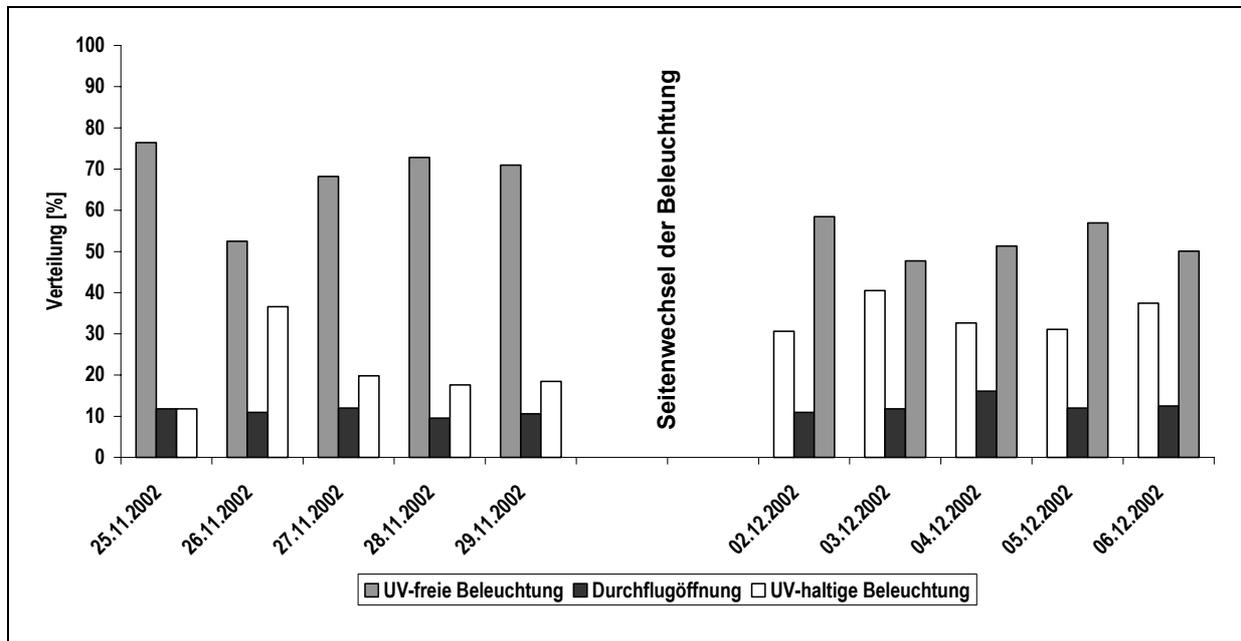


Abb. 24: Einzeltagbetrachtung. Verteilung der minderpigmentierten Wellensittichgruppe (n=9) auf die beiden Volieren mit UV-freier Beleuchtung bzw. UV-haltiger Beleuchtung. In jeder Säulengruppe repräsentiert die erste Säule Voliere I, die zweite Säule die Durchflugöffnung und die dritte Säule Voliere II. Nach einer Versuchswoche wurden die Beleuchtungen der beiden Volieren vertauscht.

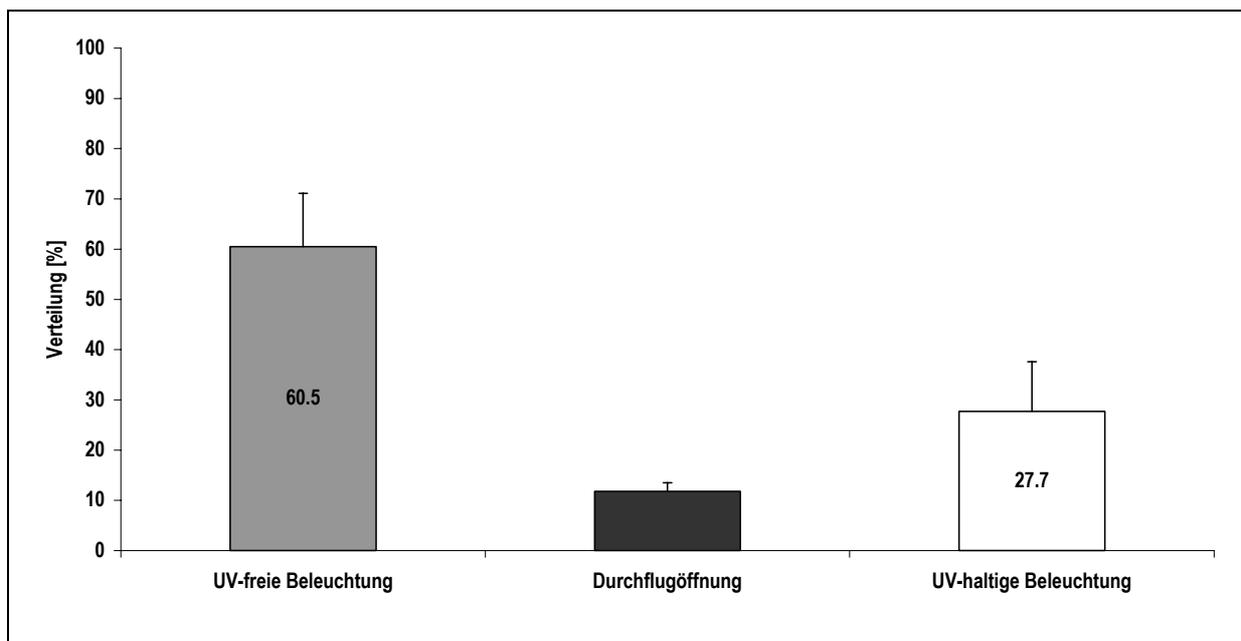


Abb. 25: Mittelwertbetrachtung mit Standardabweichung. Daten wie in Abb. 24, gemittelt über alle zehn Versuchstage.

Vergleich der Aufenthaltspräferenz in Abhängigkeit vom Lichtspektrum

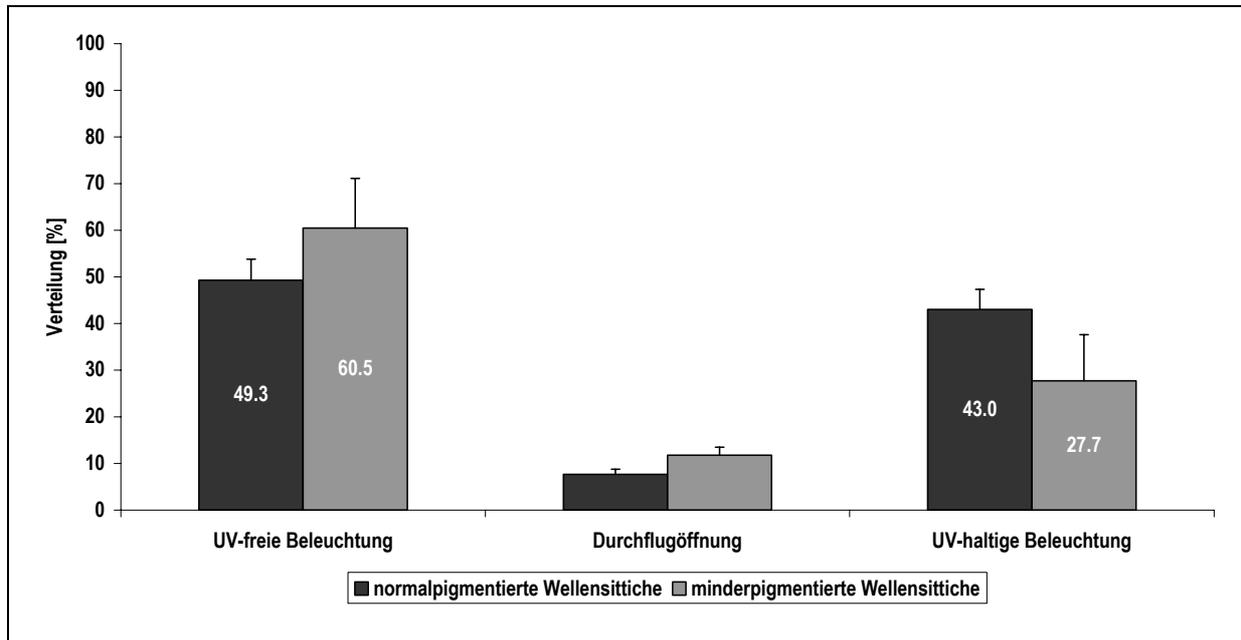


Abb. 26: Verteilung der normalpigmentierten Wellensittiche (n=10) und der minderpigmentierten Wellensittiche (n=9) auf die beiden Volieren mit UV-freier Beleuchtung bzw. UV-haltiger Beleuchtung. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Tab. 12: Werte zu Abb. 26 (Mittelwerte \pm Standardabweichung) und statistisch gesicherte Unterschiede hinsichtlich der Aufenthaltspräferenz bei UV-freier Beleuchtung und UV-haltiger Beleuchtung.

	UV-freie Beleuchtung	Durchflugöffnung	UV-haltige Beleuchtung	Kruskal-Wallis Test
normalpig. Wellensittiche	49.28 \pm 4.51	(7.66 \pm 1.08)	43.06 \pm 4.32	p < 0.001
minderpig. Wellensittiche	60.53 \pm 10.6	(11.81 \pm 1.72)	27.66 \pm 9.91	p < 0.001

3.4 Verhalten

Das Verhalten der Wellensittiche wurde in jedem Hauptversuch im Anschluss an die Wahlversuche über zwei Wochen hinweg beobachtet. In dieser Zeit waren beide Volieren mit der jeweiligen Testbeleuchtung ausgestattet. Die Beschreibung der dokumentierten Verhaltensweisen ist in Tab. 7, Kap. 2.5.4 enthalten.

Die Verhaltensweisen „Paarverhalten“ und „Balz“ sowie „Strecken“ und „Lüften“ wurden getrennt aufgenommen, bei der Auswertung dann aber zusammengefasst, da sich im Laufe der Verhaltensbeobachtungen herausstellte, dass sie oftmals schwierig gegeneinander abzugrenzen waren.

Die Abb. 43-52 und 53-62 (siehe Anhang) zeigen sowohl für die normalpigmentierten Wellensittiche als auch für die minderpigmentierten Wellensittiche den Einfluss der untersuchten Beleuchtungsbedingungen auf das Verhalten jedes Einzeltieres.

In Abb. 27 (normalpigmentierte Wellensittiche) bzw. Abb. 28 (minderpigmentierte Wellensittiche) sind die Abb. 43-52 (normalpigmentierte Wellensittiche) bzw. die Abb. 53-62 (minderpigmentierte Wellensittiche) zu einer aufsummierten Darstellung zusammengefasst, so dass der Einfluss der Beleuchtungsbedingungen auf das Verhalten der Gesamtgruppe der normal- bzw. minderpigmentierten Wellensittiche deutlich wird. Die zugehörigen Zahlenwerte finden sich in den beigelegten Tabellen (Tab. 13 bzw. 14).

Für die „100 Hz-Beleuchtung“ sowie die „doppelte Helligkeit“ stellt die „Referenzbeleuchtung“ die Bezugsgrösse dar, für die „UV-haltige Beleuchtung“ ist es die „doppelte Helligkeit“. Dargestellt ist die Anzahl derjenigen Intervalle, in denen eine bestimmte Verhaltensweise mindestens einmal gezeigt wurde (= Häufigkeit). Die an dem vorzeitig gestorbenen minderpigmentierten Wellensittich erhobenen Daten wurden in Abb. 28 nicht berücksichtigt, um den Vergleich der absoluten Werte zwischen den vier verschiedenen Beleuchtungsformen zu ermöglichen.

Die im Anhang aufgeführten Abb. 63-83 zeigen für jede Verhaltensweise vergleichend die Häufigkeit ihres Auftretens bei normal- und minderpigmentierten Wellensittichen unter den verschiedenen Beleuchtungsbedingungen.

Für die statistische Auswertung wurden einander verwandte Verhaltensweisen in Gruppen, sog. Funktionskreise, zusammengefasst (vgl. Tab. 8, Kap. 2.5.4). Der Funktionskreis „Hy-

pertrahiertes Verhalten“ konnte aufgrund des seltenen Auftretens statistisch nicht ausgewertet werden und entfällt auch bei den graphischen Darstellungen.

Einfluss der Beleuchtung auf das Verhalten von normalpigmentierten Wellensittichen (Gruppenbetrachtung)

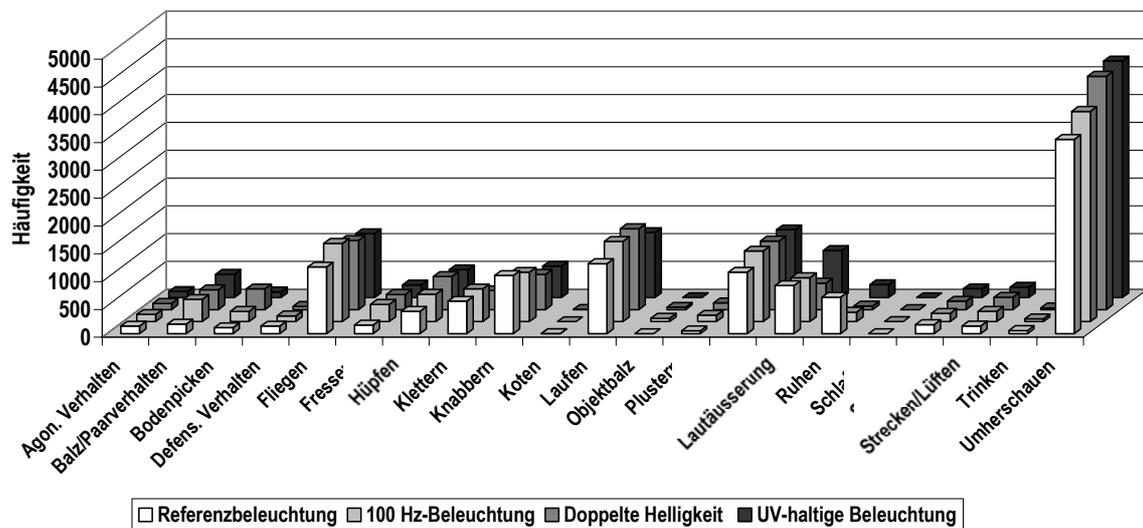


Abb. 27: Häufigkeiten bestimmter Verhaltensweisen von den normalpigmentierten Wellensittichen (n=10) während einer Beobachtungszeit von insgesamt 25 Stunden pro Beleuchtungsbedingung. Dargestellt ist die Anzahl derjenigen Intervalle, in denen eine bestimmte Verhaltensweise gezeigt wurde. Erläuterungen zu den Beleuchtungsbedingungen und Beobachtungsintervallen siehe Text.

Tab. 13: Werte zu Abb. 27.

Verhaltensweise	Referenz- beleuchtung	100 Hz- Beleuchtung	Doppelte Helligkeit	UV-haltige Beleuchtung
Agonistisches Verhalten	135	130	112	110
Balz/Partnerverhalten	160	399	358	419
Bodenpicken	106	184	373	102
Defensives Verhalten	135	102	59	84
Fliegen	1197	1407	1244	1150
Fressen	153	310	274	228
Hüpfen	401	492	595	501
Klettern	584	588	342	276
Knabbern	1046	886	635	564
Koten	2	0	5	1
Laufen	1258	1442	1454	1168
Objektbalz	0	61	44	3
Plustern	51	115	123	166
Putzen	1105	1269	1234	1219
Lautäußerung	864	790	476	846
Ruhen	654	169	65	233
Schlafen	0	1	0	0
Schütteln	161	149	152	161
Strecken/Lüften	137	185	222	188
Trinken	56	50	32	20
Umherschauen	3491	3780	4196	4253

Einfluss der Beleuchtung auf das Verhalten von minderpigmentierten Wellensittichen (Gruppenbetrachtung)

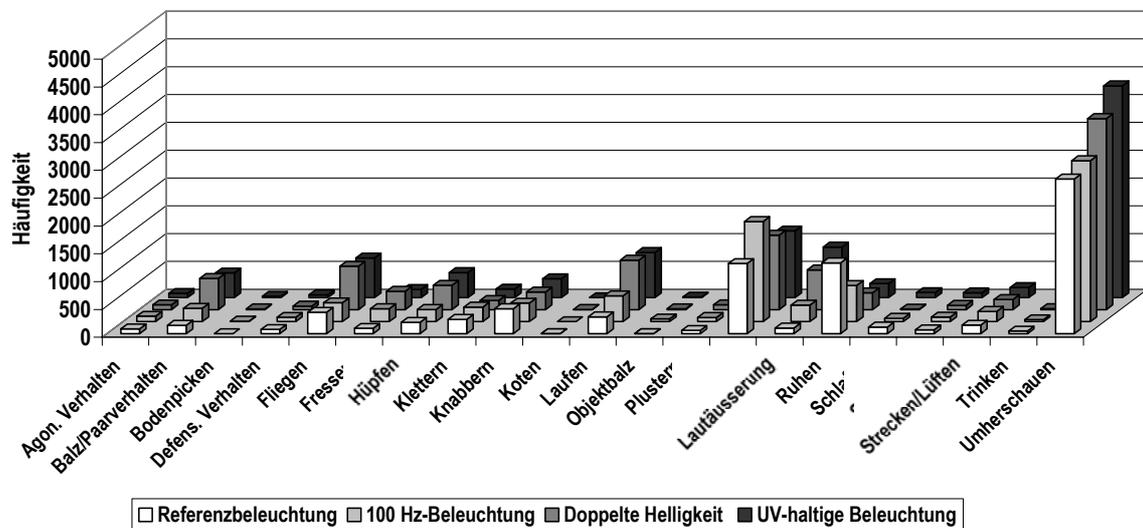


Abb. 28: Häufigkeiten bestimmter Verhaltensweisen von den minderpigmentierten Wellensittichen (n=9) während einer Beobachtungszeit von insgesamt 22.5 Stunden pro Beleuchtungsbedingung. Dargestellt ist die Anzahl derjenigen Intervalle, in denen eine bestimmte Verhaltensweise gezeigt wurde. Erläuterungen zu den Beleuchtungsbedingungen und Beobachtungsintervallen siehe Text.

Tab. 14: Werte zu Abb. 28.

Verhaltensweise	Referenzbeleuchtung	100 Hz-Beleuchtung	Doppelte Helligkeit	UV-haltige Beleuchtung
Agonistisches Verhalten	86	98	86	76
Balz/Paarverhalten	150	240	560	444
Bodenpicken	0	8	13	24
Defensives Verhalten	75	77	62	50
Fliegen	383	339	779	713
Fressen	96	232	328	147
Hüpfen	202	219	438	450
Klettern	255	261	164	154
Knabbern	448	333	317	339
Koten	2	0	2	0
Laufen	301	464	890	810
Objektbalz	1	48	16	10
Plustern	57	76	88	90
Putzen	1260	1799	1338	1198
Lautäusserung	101	298	714	910
Ruhen	1273	649	303	252
Schlafen	119	62	12	90
Schütteln	68	82	76	87
Strecken/Lüften	152	184	181	182
Trinken	47	35	19	25
Umherschauen	2780	2894	3435	3808

Für alle Funktionskreise wurde mit Hilfe des Wilcoxon Signed-Rank Tests geprüft, ob es signifikante Unterschiede bezüglich der Häufigkeit ihres Auftretens unter den verschiedenen Beleuchtungsformen gibt. Signifikante Unterschiede sind im Folgenden durch die Angabe des Signifikanzniveaus kenntlich gemacht. Im Text wird nur auf diejenigen Funktionskreise eingegangen, für die sich signifikante Unterschiede ergaben.

3.4.1 Verhaltensänderungen in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz

Bei der Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche wurden Komfortverhaltensweisen unter der 100 Hz-Beleuchtung gegenüber der 42 kHz-Beleuchtung signifikant ($p = 0.046$) häufiger gezeigt, während Ruheverhalten unter der 100 Hz-Beleuchtung signifikant ($p = 0.022$) seltener auftrat (Abb. 29).

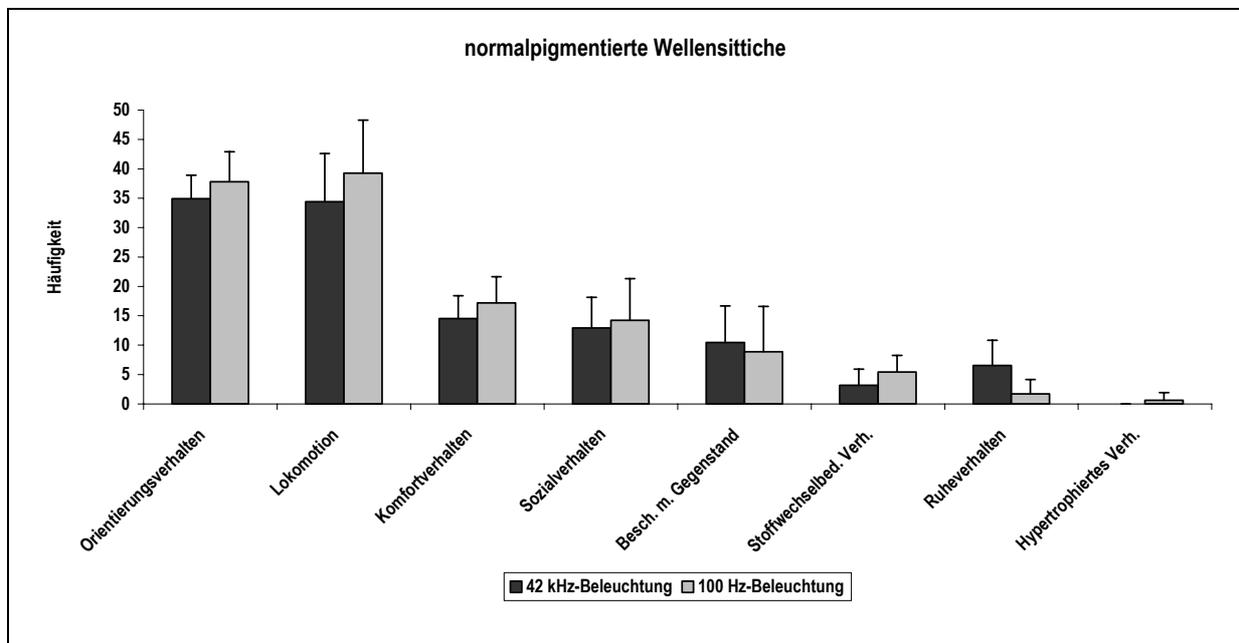


Abb. 29: Vergleich der Häufigkeit bestimmter Funktionskreise unter 42 kHz-Beleuchtung und 100 Hz-Beleuchtung im Verlauf einer Viertelstunde. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Genauso verhielt es sich bei den minderpigmentierten Wellensittichen: auch sie zeigten unter der 100 Hz-Beleuchtung signifikant ($p = 0.017$) häufiger Komfortverhalten und ruhten signifikant ($p = 0.022$) weniger als unter der 42 kHz-Beleuchtung. Zusätzlich wurden bei ihnen Aktivitäten aus dem Funktionskreis Sozialverhalten unter der 100 Hz-Beleuchtung signifikant ($p = 0.017$) häufiger beobachtet (Abb. 30).

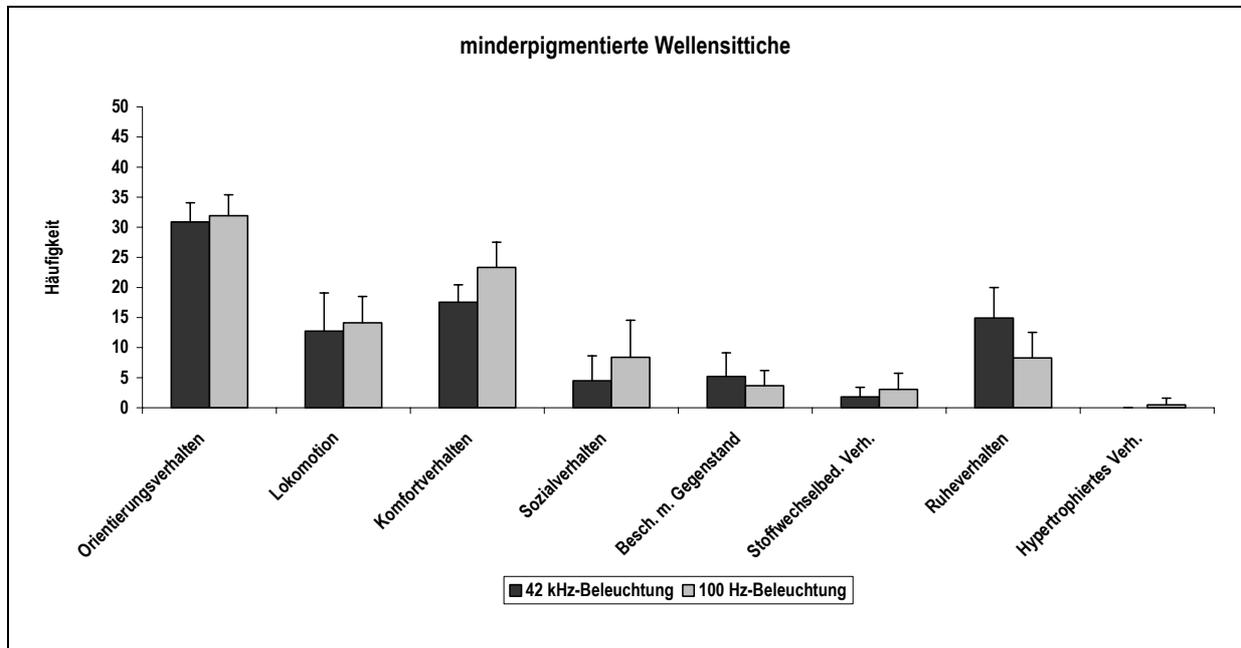


Abb. 30: Vergleich der Häufigkeit bestimmter Funktionskreise unter 42 kHz-Beleuchtung und 100 Hz-Beleuchtung im Verlauf einer Viertelstunde. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Tab. 15 vergleicht die Ergebnisse für beide Gruppen. Verhaltensweisen aus dem Funktionskreis Komfortverhalten wurden demzufolge bei beiden Gruppen unter der 100 Hz-Beleuchtung im Vergleich zur 42 kHz-Beleuchtung signifikant häufiger geäußert, Ruheverhalten kam dagegen unter der 100 Hz-Beleuchtung signifikant seltener vor. Die minderpigmentierten Wellensittiche zeigten unter der 100 Hz-Beleuchtung signifikant mehr Sozialverhalten als unter der 42 kHz-Beleuchtung, während sich bei den normalpigmentierten Wellensittichen für diesen Parameter kein signifikanter Unterschied in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz feststellen liess. Für die übrigen Funktionskreise ergaben sich unter den beiden Beleuchtungsformen keine signifikanten Verhaltensunterschiede.

Tab. 15: Einfluss der Flackerfrequenz auf das Verhalten. Mittelwerte [%] ± Standardabweichung.

	normalpigmentierte Wellensittiche			minderpigmentierte Wellensittiche		
	42 kHz- Beleuchtung	100 Hz- Beleuchtung	p-Wert	42 kHz- Beleuchtung	100 Hz- Beleuchtung	p-Wert
Orientierung	34.91 ± 3.99	37.80 ± 5.09	n.s.	30.87 ± 3.18	31.92 ± 3.48	n.s.
Lokomotion	34.40 ± 8.2	39.29 ± 9.0	n.s.	12.74 ± 6.35	14.12 ± 4.37	n.s.
Komfortverhalten	14.54 ± 3.87	17.18 ± 4.47	s.	17.54 ± 2.89	23.34 ± 4.17	s.
Sozialverhalten	12.94 ± 5.21	14.21 ± 7.12	n.s.	4.52 ± 4.08	8.38 ± 6.15	s.
Beschäftigung mit einem Gegenstand	10.46 ± 6.2	8.86 ± 7.74	n.s.	5.21 ± 3.92	3.67 ± 2.52	n.s.
Stoffwechselbedingtes Verhalten	3.17 ± 2.76	5.44 ± 2.78	n.s.	1.83 ± 1.56	3.06 ± 2.69	n.s.
Ruheverhalten	6.54 ± 4.28	1.70 ± 2.44	s.	14.89 ± 5.11	8.29 ± 4.26	s.
Hypertrophiertes Ver- halten	0	0.61 ± 1.29	-	0.01 ± 0.03	0.48 ± 1.09	-

3.4.2 Verhaltensänderungen in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit

Unter der doppelten Helligkeit kamen soziale Verhaltensaktivitäten bei der Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche im Vergleich zur einfachen Helligkeit signifikant ($p = 0.011$) seltener vor. Ebenso ruhten die normalpigmentierten Wellensittiche unter der doppelten Helligkeit signifikant ($p = 0.006$) weniger und beschäftigten sich auch signifikant ($p = 0.017$) seltener mit einem Gegenstand. Dafür traten die Funktionskreise stoffwechselbedingtes Verhalten und Orientierungsverhalten signifikant ($p = 0.037$ und $p = 0.005$) häufiger auf (Abb. 31).

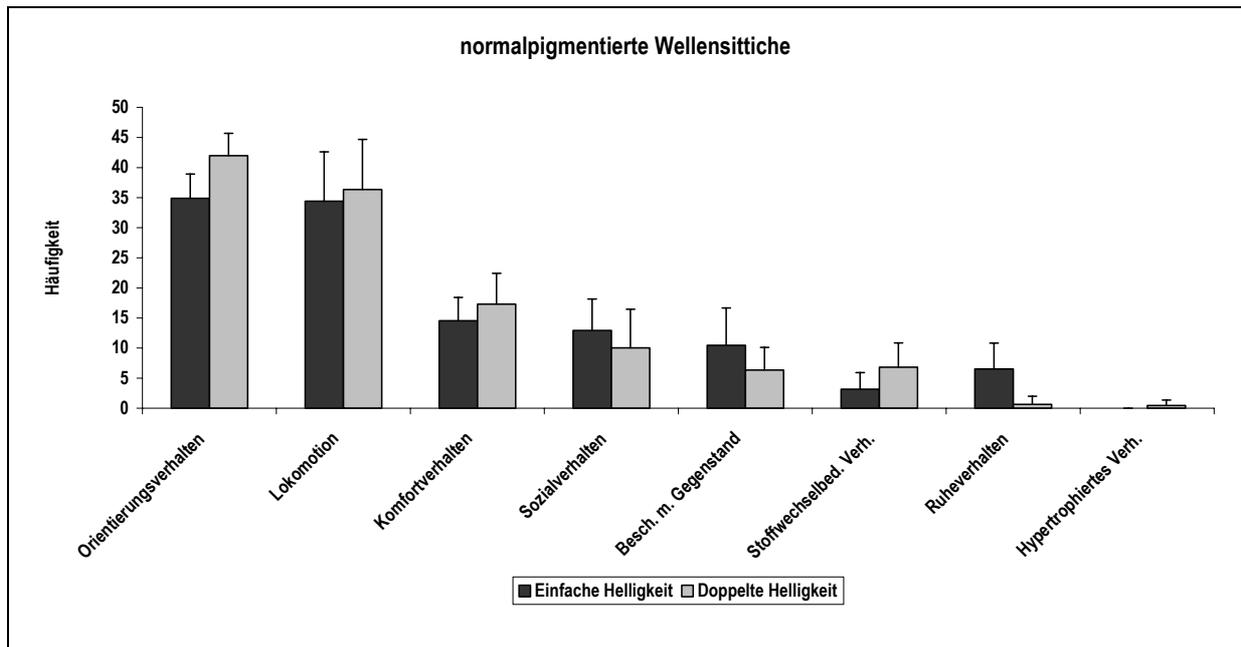


Abb. 31: Vergleich der Häufigkeiten bestimmter Funktionskreise unter einfacher und doppelter Helligkeit im Verlauf einer Viertelstunde. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Bei den minderpigmentierten Wellensittichen wurde unter der doppelten Helligkeit ebenfalls signifikant ($p = 0.005$) seltener Ruheverhalten registriert. Aktivitäten aus den Funktionskreisen Orientierungsverhalten, Sozialverhalten und Lokomotion wurden signifikant ($p = 0.013$, $p = 0.005$ und $p = 0.017$) häufiger beobachtet (Abb. 32).

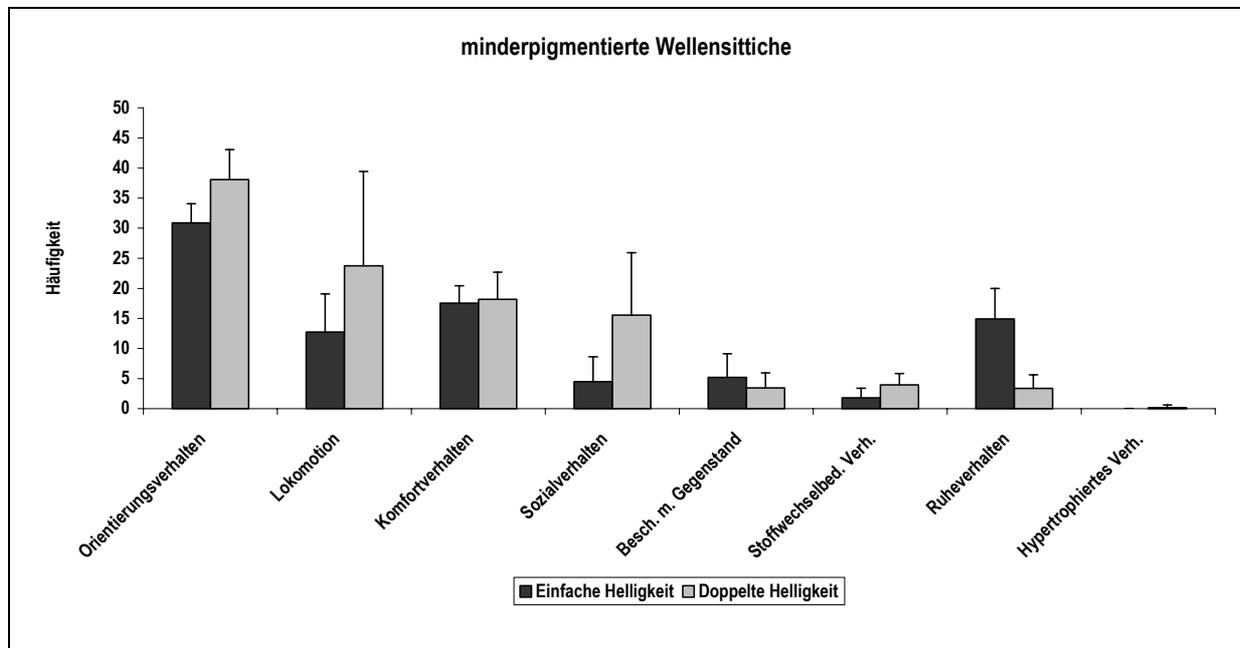


Abb. 32: Vergleich der Häufigkeiten bestimmter Funktionskreise unter einfacher und doppelter Helligkeit im Verlauf einer Viertelstunde. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Der Vergleich der normal- mit den minderpigmentierten Wellensittichen ist in Tab. 16 dargestellt. Sowohl die normal- als auch die minderpigmentierten Wellensittiche zeigten unter der doppelten Helligkeit gegenüber der einfachen Helligkeit signifikant häufiger Orientierungsverhalten und signifikant seltener Ruheverhalten. Aus der Beobachtung des Sozialverhaltens ergaben sich indes für die beiden Gruppen gegensätzliche Resultate: bei den normalpigmentierten Wellensittichen wurde der Funktionskreis Sozialverhalten unter der doppelten Helligkeit im Vergleich zur einfachen Helligkeit signifikant seltener registriert, bei den minderpigmentierten Wellensittichen hingegen signifikant häufiger. Als weiterer Verhaltensunterschied unter den beiden Helligkeiten liess sich feststellen, dass die minderpigmentierten Wellensittiche unter der doppelten Helligkeit signifikant mehr Bewegungsaktivitäten entwickelten. Die normalpigmentierten Wellensittiche beschäftigten sich unter der doppelten Helligkeit signifikant weniger häufig mit einem Gegenstand als unter der einfachen Helligkeit, dafür war bei ihnen das stoffwechselbedingte Verhalten unter der doppelten Helligkeit signifikant erhöht. Für alle anderen Funktionskreisen konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

Tab. 16: Einfluss der Beleuchtungshelligkeit auf das Verhalten. Mittelwerte [%] ± Standardabweichung.

	normalpigmentierte Wellensittiche			minderpigmentierte Wellensittiche		
	Einfache Helligkeit	Doppelte Helligkeit	p-Wert	Einfache Helligkeit	Doppelte Helligkeit	p-Wert
Orientierung	34.91 ± 3.99	41.96 ± 3.72	s.	30.87 ± 3.18	38.08 ± 4.99	s.
Lokomotion	34.40 ± 8.2	36.35 ± 8.32	n.s.	12.74 ± 6.35	23.76 ± 15.67	s.
Komfortverhalten	14.54 ± 3.87	17.31 ± 5.11	n.s.	17.54 ± 2.89	18.17 ± 4.51	n.s.
Sozialverhalten	12.94 ± 5.21	10.05 ± 6.42	s.	4.52 ± 4.08	15.57 ± 10.35	s.
Beschäftigung mit einem Gegenstand	10.46 ± 6.2	6.35 ± 3.76	s.	5.21 ± 3.92	3.48 ± 2.47	n.s.
Stoffwechselbedingtes Verhalten	3.17 ± 2.76	6.84 ± 4.02	s.	1.83 ± 1.56	3.95 ± 1.89	n.s.
Ruheverhalten	6.54 ± 4.28	0.65 ± 1.34	s.	14.89 ± 5.11	3.38 ± 2.26	s.
Hypertrophiertes Verhalten	0	0.44 ± 0.92	-	0.01 ± 0.03	0.16 ± 0.44	-

3.4.3 Verhaltensänderungen in Abhängigkeit vom Lichtspektrum

Die Betrachtung des stoffwechselbedingten Verhaltens ergab bei den normalpigmentierten Wellensittichen, dass es unter der UV-haltigen Beleuchtung signifikant ($p = 0.037$) seltener auftrat als unter der UV-freien Beleuchtung. Der Funktionskreis Sozialverhalten dagegen wurde unter der UV-haltigen Beleuchtung signifikant ($p = 0.021$) häufiger registriert (Abb. 33).

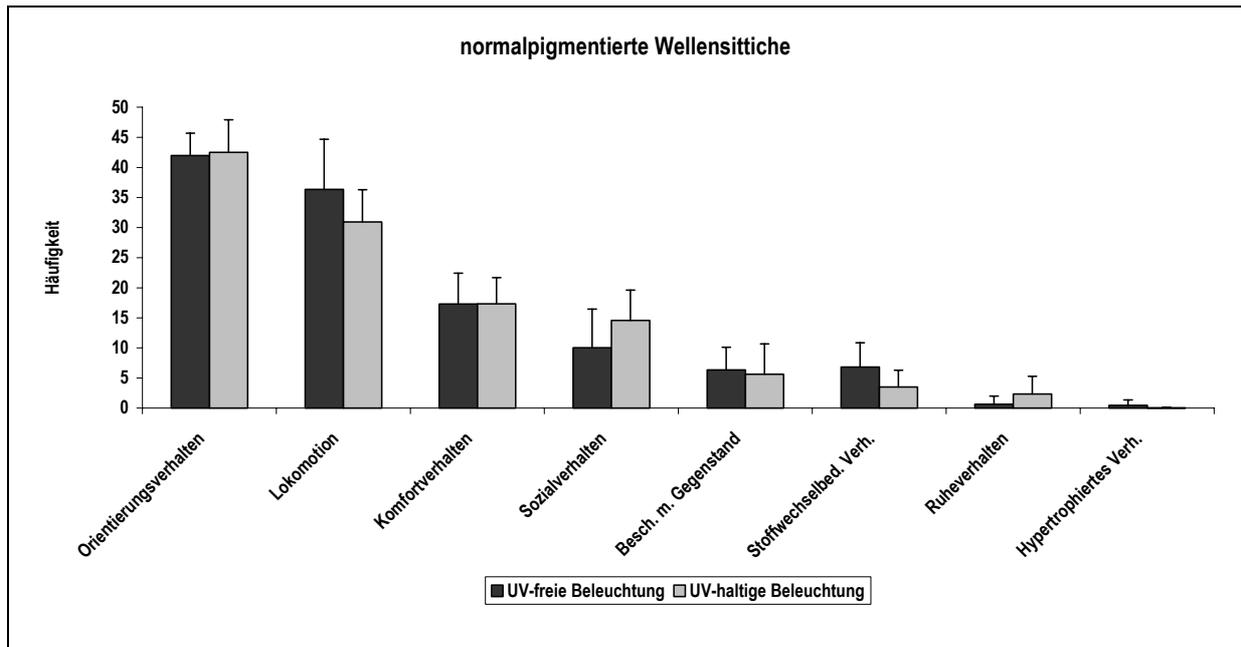


Abb. 33: Vergleich der Häufigkeiten bestimmter Funktionskreise unter UV-freier und UV-haltiger Beleuchtung im Verlauf einer Viertelstunde. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Auch die Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche zeigte unter der UV-haltigen Beleuchtung signifikant ($p = 0.028$) seltener stoffwechselbedingtes Verhalten (Abb. 34).

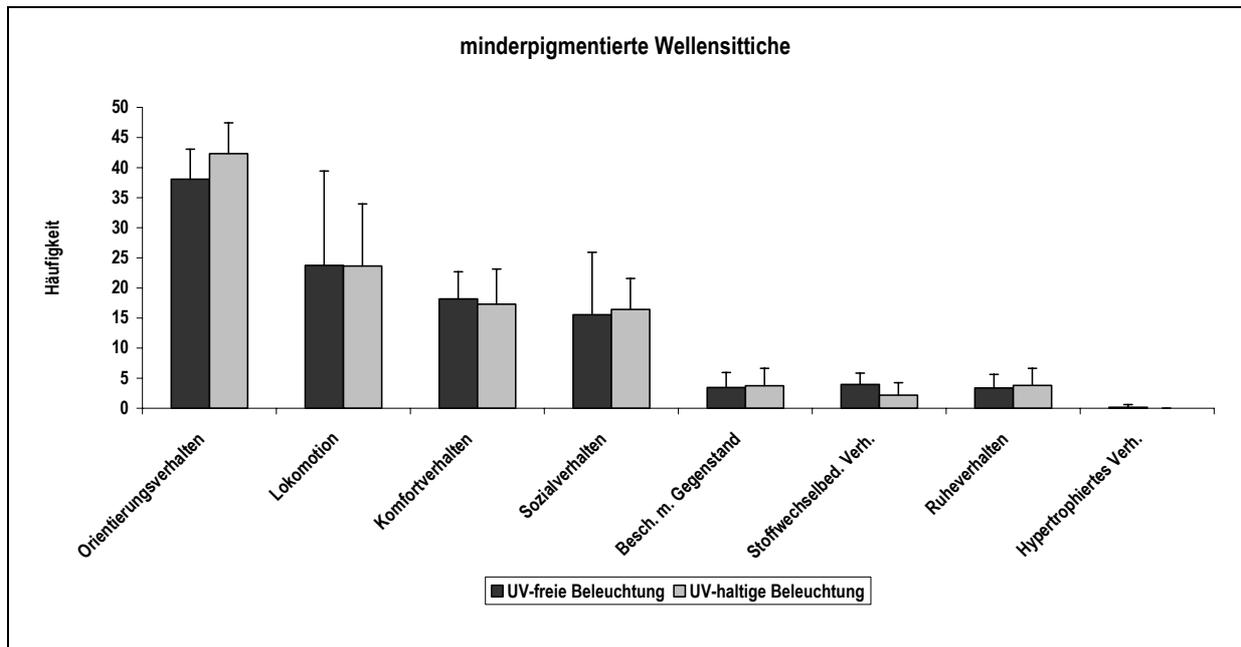


Abb. 34: Vergleich der Häufigkeiten bestimmter Funktionskreise unter UV-freier und UV-haltiger Beleuchtung im Verlauf einer Viertelstunde. Mittelwerte mit Standardabweichung.

Beim Vergleich der beiden Wellensittichgruppen liessen sich hinsichtlich des stoffwechselbedingten Verhaltens unter der UV-haltigen Beleuchtung übereinstimmende Ergebnisse feststellen (Tab. 17): bei beiden Versuchstiergruppen konnte dieser Funktionskreis hier signifikant seltener beobachtet werden als unter der UV-freien Beleuchtung. Der Funktionskreis Sozialverhalten trat bei den normalpigmentierten Wellensittichen unter der UV-haltigen Beleuchtung signifikant häufiger auf, was für die Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche nicht nachgewiesen werden konnte. Wie schon zuvor wurden auch hier nur diejenigen Funktionskreise besprochen, bei denen signifikante Unterschiede auftraten.

Tab. 17: Einfluss des Lichtspektrums auf das Verhalten. Mittelwerte [%] ± Standardabweichung.

	normalpigmentierte Wellensittiche			minderpigmentierte Wellensittiche		
	UV-freie Beleuchtung	UV-haltige Beleuchtung	p-Wert	UV-freie Beleuchtung	UV-haltige Beleuchtung	p-Wert
Orientierung	41.96 ± 3.72	42.53 ± 5.38	n.s.	38.08 ± 4.99	42.31 ± 5.13	n.s.
Lokomotion	36.35 ± 8.32	30.95 ± 5.33	n.s.	23.76 ± 15.67	23.65 ± 10.3	n.s.
Komfortverhalten	17.31 ± 5.11	17.34 ± 4.34	n.s.	18.17 ± 4.51	17.30 ± 5.83	n.s.
Sozialverhalten	10.05 ± 6.42	14.59 ± 5.02	s.	15.57 ± 10.35	16.44 ± 5.13	n.s.
Beschäftigung mit einem Gegenstand	6.35 ± 3.76	5.64 ± 5.02	n.s.	3.48 ± 2.47	3.77 ± 2.87	n.s.
Stoffwechselbedingtes Verhalten	6.84 ± 4.02	3.51 ± 2.77	s.	3.95 ± 1.89	2.18 ± 2.05	s.
Ruheverhalten	0.65 ± 1.34	2.33 ± 2.93	n.s.	3.38 ± 2.26	3.80 ± 2.83	n.s.
Hypertrophiertes Verhalten	0.44 ± 0.92	0.03 ± 0.09	-	0.16 ± 0.44	0.01 ± 0.03	-

Tab. 18 gibt eine Gesamtübersicht über den tendenziellen Einfluss der verschiedenen Beleuchtungsformen auf die Funktionskreise.

Tab. 18: Einfluss der Beleuchtungsform auf die Funktionskreise.

	100 Hz-Beleuchtung		Doppelte Helligkeit		UV-haltige Beleuchtung	
	np WS	mp WS	np WS	mp WS	np WS	mp WS
Orientierung	→	→	↗	↗	→	→
Lokomotion	→	→	→	↗	→	→
Komfortverhalten	↗	↗	→	→	→	→
Sozialverhalten	→	↗	↘	↗	↗	→
Beschäftigung mit einem Gegenstand	→	→	↘	→	→	→
Stoffwechselbedingtes Verhalten	→	→	↗	→	↘	↘
Ruheverhalten	↘	↘	↘	↘	→	→
Hypertrophiertes Verhalten	-	-	-	-	-	-

np WS = normalpigmentierte Wellensittiche, mp WS = minderpigmentierte Wellensittiche

→ = keine signifikante Änderung im Vergleich zur Referenzbeleuchtung

↗ = signifikant häufigeres Auftreten im Vergleich zur Referenzbeleuchtung

↘ = signifikant selteneres Auftreten im Vergleich zur Referenzbeleuchtung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens bestimmter Funktionskreise in Abhängigkeit von der Beleuchtung bei den normal- und minderpigmentierten Wellensittichen zum Teil übereinstimmende, zum Teil aber auch unterschiedliche Ergebnisse gibt. Auffällig ist, dass beim Vergleich „einfache Helligkeit“ - „doppelte Helligkeit“ die meisten signifikanten Unterschiede im Verhalten beobachtet wurden.

4 Diskussion

In der Schweizer Tierschutzgesetzgebung sowie in der Informationsbroschüre des Schweizer Tierschutzes STS „Vögel als Heimtiere“ (Isenbügel und Lerch-Leemann 1999) finden sich keinerlei Regelungen bzw. Empfehlungen hinsichtlich der Qualität einer künstlichen Beleuchtung für Ziervögel. Die Ursache hierfür liegt sicherlich in einem Mangel an wissenschaftlichen Untersuchungen, die sich mit diesem Thema auseinandergesetzt haben, begründet. Während es für das Nutzgeflügel zahlreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen gibt, die sich mit den Auswirkungen verschiedener künstlicher Beleuchtungsformen auf Hühner (*Gallus gallus* f. dom.), Truthähne (*Meleagris gallopavo* f. dom.) usw. befasst haben (Barnett und Laursen-Jones 1976, Boshouwers und Nicaise 1992, Nuboer et al. 1992, Manser 1996, Widowski und Duncan 1996, Sherwin 1998, Davis et al. 1999, Moinard und Sherwin 1999, Sherwin 1999, Lewis und Morris 2000, Szölgyényi et al. 2000, Maddocks et al. 2001b, Moinard et al. 2001), gibt es für Ziervögel nur wenig diesbezügliche Literatur (Maddocks et al. 2001c, Greenwood et al. 2002, Maddocks et al. 2002a).

Daher beschäftigt sich die vorliegende Studie mit der Frage, ob Wellensittiche hinsichtlich der Beleuchtungsqualität bestimmte Präferenzen haben und ob sich von der Form der Beleuchtung abhängige Änderungen im Verhalten zeigen, aus denen man eventuell auf ein erhöhtes oder vermindertes Wohlbefinden der Vögel schliessen kann. Zudem werden die Beleuchtungspräferenzen von minderpigmentierten Wellensittichen mit denen ihrer normalpigmentierten Artgenossen verglichen, da minderpigmentierte Wellensittiche, bedingt durch ihre Dymelanogenese im Bereich des Auges, möglicherweise andere Ansprüche an eine artgerechte Beleuchtung stellen.

4.1 Tierhaltung und Versuchstiere

Alle in den Versuchen eingesetzten Wellensittiche entstammten der institutseigenen Zucht. Da sich die Elterntiere nicht alle zur gleichen Zeit verpaarten und mit dem Brüten begannen, betrug die Altersdifferenz zwischen den Jungtieren einige Wochen. Zudem waren die minderpigmentierten Wellensittiche, welche die Versuchsanordnung als zweite Gruppe durchliefen, beim Einsetzen in die Versuchsvolieren bereits drei Monate älter als die Tiere der ersten, aus normalpigmentierten Wellensittichen bestehenden Gruppe.

Aufgrund einer Doppelinfektion des Zuchtbestandes mit Polyoma- und Circoviren und einer daraus resultierenden hohen Nestlingssterblichkeit (vgl. Zinke et al. 2002) war der Jungvogel-

pool, aus dem die Versuchstiere ausgewählt wurden, stark begrenzt. Da in der vorhandenen Nachzucht ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis nicht gegeben war, setzte sich jede der beiden Versuchstiergruppen aus zwei Männchen und acht Weibchen zusammen.

Als Versuchstiere wurden Jungvögel gewählt, um zu verhindern, dass sie sich bereits an eine bestimmte Beleuchtung gewöhnt hatten und infolgedessen bei den Wahlversuchen voreingenommen waren. Ausserdem sollten sie noch nicht geschlechtsreif sein, um eine aus der Paarbindung resultierende Manipulation des Einzeltieres hinsichtlich seiner individuellen Beleuchtungspräferenz zu vermeiden. Dieses Ziel konnte aber nicht ganz erreicht werden, da Wellensittiche schon im Alter von ca. drei Monaten die Geschlechtsreife erlangen (*Michaelis* 1964, *Schöne und Arnold* 1980) und diese somit in den insgesamt vier Monate andauernden Versuchen bereits einsetzte. Insofern kann, die Wahl der Beleuchtung betreffend, eine wechselseitige Beeinflussung der Wellensittiche aufgrund von Paarbindung also nicht ausgeschlossen werden.

Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass Wellensittiche als Schwarmvögel (*Scoble* 1986, *Vins* 1993, *Schodde und Tidemann* 1997) aufgrund ihrer speziellen Verhaltensbiologie für diese Art von Wahlversuchen womöglich nicht die idealen Versuchstiere sind, da sie sich nicht unabhängig voneinander verhalten. Unter Umständen wäre die Wahl einer anderen Vogelart (z.B. Kanarienvögel), die diese Form des engen Schwarmzusammenhaltes nicht zeigt, für die Untersuchungen geeigneter gewesen. Dieser Aspekt muss jedoch in Folgeuntersuchungen näher abgeklärt werden.

Die Wellensittiche wurden in zwei Gruppen zu je zehn Vögeln getestet. Gruppenhaltung ist bei Wellensittichen aus Gründen des Tierschutzes gefordert, da Wellensittiche, wie bereits zuvor erwähnt, in der freien Natur in grossen Schwärmen organisiert sind und Paare bilden (*Vins* 1993). Nach oben hin musste die Anzahl der Versuchstiere auf zehn Vögel pro Gruppe begrenzt werden, da für die Verhaltensbeobachtungen die individuelle Erkennung der einzelnen Tiere Voraussetzung war. Für die statistische Auswertung wären grössere Tierzahlen sicherlich aussagekräftiger gewesen.

Die zur Ausstattung der Versuchsvolieren gewählten Hartholzstangen erwiesen sich für die Fussgesundheit der Vögel als nicht optimal, obwohl sie eine gerillte Oberfläche und verschiedene Durchmesser aufwiesen. Trotz der relativ kurzen Unterbringungszeit unter Versuchsbedingungen (vier Monate) wurden besonders in der Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche beim Gesundheits-Check nach Abschluss der Versuche bei den meisten Tieren feine Läsionen an der Fussunterseite festgestellt. Ein Wellensittich zeigte zeitweilig sogar Anzei-

chen einer Lahmheit. Für zukünftige Versuche mit Wellensittichen sollte also, sofern möglich, auf ein abwechslungsreicheres Angebot an Sitzgelegenheiten in Form von berindeten Zweigen unterschiedlicher Kaliber geachtet werden. Für diese Studie war aus Gründen der Vereinheitlichung und zur Erleichterung der Auswertung der Videoaufzeichnungen darauf verzichtet worden.

4.2 Verhaltensbeobachtung

4.2.1 Methodik der Verhaltensbeobachtung

Für die Verhaltensbeobachtungen wurde eine in der Ethologie gebräuchliche Intervallmethode, das sog. „One-Zero-Sampling“, gewählt (*Martin und Bateson 1993*). Sie dient der Feststellung relativer Anteile des Verhaltens, wobei Zeitdauern systematisch überschätzt werden, weil das Verhalten so aufgezeichnet wird, als ob es während des ganzen Intervalls angedauert hätte. Gleichzeitig werden Verhaltenshäufigkeiten systematisch unterschätzt, weil eine Verhaltensweise mehr als einmal pro Intervall auftreten kann, aber immer nur einmal notiert wird. Eventuell wäre für die vorliegende Untersuchung die Protokollierung des Verhaltens mit Hilfe des „Instantaneous Sampling“ günstiger gewesen (*Martin und Bateson 1993*). Bei dieser Methode wird festgehalten, ob eine Verhaltensweise im genauen Moment des Stichproben-Punktes auftritt oder nicht. Nachteil der Methode ist allerdings, dass Ereignisse von kurzer Dauer (z.B. Schütteln, Fliegen, Koten usw.) sowie seltene Verhaltensweisen nicht erfasst werden.

4.2.2 Bewertungsproblematik von Verhaltensbeobachtungen

Statistisch signifikante Unterschiede im Verhalten unter den verschiedenen Beleuchtungsformen können zwar erfasst werden, aber ihre Interpretation gestaltet sich schwierig. Stellt man z.B. fest, dass sich die Wellensittiche unter Beleuchtung X mehr bewegen, häufiger umherschauen und dafür weniger ruhen als unter Beleuchtung Y, bleibt die Frage, ob dies nun Ausdruck eines erhöhten Wohlbefindens ist oder nicht. Auch in Hinblick darauf, ob eine bestimmte Beleuchtungsform der körperlichen Gesundheit der Vögel zu- oder abträglich ist, lassen sich anhand der Verhaltensbeobachtungen keine eindeutigen Rückschlüsse ziehen. Fressen die Vögel unter Beleuchtung X z.B. mehr als unter Beleuchtung Y, kann das, je nach Ausmass und Ausgangssituation, gleichsam als positiver Effekt (Anregung zur Futteraufnahme bei „schlechten Essern“) wie als negativer Effekt (Verfettung der Tiere infolge übermässiger Futteraufnahme) gewertet werden. Solange also die beobachteten Verhaltensänderungen nicht in Verhaltensstörungen abweichen, die eindeutiger Indikator für eine Beeinträchtigung

der psychischen oder physischen Verfassung der Vögel sind, ist es schwierig, aus der rein quantitativen Änderung (häufigeres oder selteneres Auftreten) bestimmter Verhaltensweisen auf ein erhöhtes bzw. vermindertes Wohlbefinden zu schliessen.

4.2.3 Zeiteffekt als „Confounder“ (= Störvariable) bei Verhaltensbeobachtungen

Aus den Verhaltensbeobachtungen an den Wellensittichen ergaben sich unter den verschiedenen Beleuchtungsbedingungen für einige Funktionskreise signifikante Unterschiede. Bei genauer Betrachtung der Werte drängt sich aber bei einigen Verhaltensänderungen der Verdacht auf, dass sie nicht durch die Beleuchtungsform, sondern eher durch den Faktor Zeit bedingt sind. Der Zeitfaktor ist bekanntlich ein Problem, mit dem man bei Untersuchungen an lebendigen Individuen konfrontiert wird. Er äussert sich auf verschiedenen Ebenen in Form von Gewöhnung an die Versuchsbedingungen, Entwicklung und Älterwerden der Individuen (Geschlechtsreife, Mauser), jahreszeitlichen Einflüssen, Lerneffekten usw.

Im Folgenden sind exemplarisch einige Verhaltensweisen und Funktionskreise herausgegriffen, deren Veränderungen vermutlich dem Faktor Zeit zugeschrieben werden müssen. In den Diagrammen hat die horizontale Achse wegen des Versuchsablaufs zugleich die Bedeutung eines Zeitstrahls. Die „Häufigkeit“ bezeichnet die Anzahl derjenigen Intervalle, in denen eine bestimmte Verhaltensweise mindestens einmal auftrat.

Beim Funktionskreis stoffwechselbedingtes Verhalten spielen die Verhaltensweisen „Fressen“ und „Bodenpicken“ eine entscheidende Rolle, während die Parameter „Trinken“ und „Koten“ wegen ihres spärlichen Vorkommens vernachlässigt werden können. Hier hat die zeitliche Abfolge der Versuche anscheinend Auswirkungen auf das Verhalten (Abb. 35).

Während die Wellensittiche anfangs noch nicht an den Beobachter gewöhnt waren, nahm die Vertrautheit über die Wochen hinweg zu. Dies führte dazu, dass sie mit zunehmender Versuchsdauer auch in Gegenwart des Beobachters zur Nahrungsaufnahme auf den Boden flogen. Nicht erklären lässt sich allerdings in beiden Gruppen die starke Verringerung der Futteraufnahme während der Beobachtungszeit unter der letzten Testbeleuchtung (UV-haltige „Bird Lamps“). Eventuell kann hier tatsächlich ein Zusammenhang mit der Beleuchtung hergestellt werden, wobei aber die Interpretation dieses Ergebnisses schwierig bleibt.

Um eine Beeinflussung der Versuchstiere durch den Beobachter zu vermeiden, hätten die Verhaltensbeobachtungen anhand von Videoaufzeichnungen oder mit geeigneter Abschirmung der beobachtenden Person geschehen müssen. Eine detaillierte Verhaltensbeobachtung mittels Videoequipment konnte aber nicht durchgeführt werden, da die mangelhafte Qualität

der Aufnahmen eine Erkennung der kleinen Vögel in den grossen Volieren und damit eine Auswertung nicht zuliess. Die Verhaltensbeobachtungen mussten daher durch direkte Beobachtung erfolgen.

Einige weitere Änderungen im Verhalten lassen sich ebenfalls weniger auf die Beleuchtungsform als offensichtlich vielmehr auf den Faktor Zeit zurückführen. So wird aus Abb. 36 in beiden Gruppen eine Zunahme des Orientierungsverhalten über die Zeit hinweg ersichtlich, während das Ruheverhalten in gleichem Masse abnimmt.

Zusammen mit dem Parameter „Lautäusserung“ machen die beiden Verhaltensparameter „Balz“ und „Paarverhalten“ den Hauptanteil am Funktionskreis Sozialverhalten aus. Bei der Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche stiegen alle drei Parameter im Verlauf der Untersuchungen an (Abb. 37).

Es scheint eher unwahrscheinlich, dass dieser Anstieg auf die Form der Beleuchtung zurückzuführen ist. Vielmehr wäre eine mögliche Erklärung, dass sich nach einer gewissen Zeit der Eingewöhnung unter den Wellensittichen Paare bildeten. Bei den normalpigmentierten Wellensittichen änderte sich das Sozialverhalten unter den verschiedenen Beleuchtungsformen ausser unter der doppelten Helligkeit nicht wesentlich. Warum das Sozialverhalten hier zwischenzeitlich zurückging, lässt sich nicht erklären.

Laut statistischer Auswertung wurde der Funktionskreis Beschäftigung mit einem Gegenstand (= „Knabbern“) von der Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche unter der doppelten Helligkeit signifikant seltener gezeigt. Betrachtet man aber auch hier den Zeitfaktor, lässt sich unschwer eine permanente Abnahme des Knabberverhaltens der normalpigmentierten Wellensittiche während ihres viermonatigen Aufenthaltes in den Versuchsvolieren erkennen (Abb. 38). Somit besteht auch hier vermutlich kein Zusammenhang mit der Beleuchtung.

Der Funktionskreis Komfortverhalten setzt sich aus den Verhaltensweisen „Putzen“, „Strecken/Lüften“, „Plustern“ und „Schütteln“ zusammen, wobei der Parameter „Putzen“ am häufigsten gezeigt wurde und somit den Funktionskreis dominierte. Das Komfortverhalten war in beiden Gruppen unter der 100 Hz-Beleuchtung signifikant erhöht, aber während es bei den normalpigmentierten Wellensittichen nur geringfügig anstieg, wurde bei der Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche ein bedeutend höherer Anstieg verzeichnet (Abb. 39).

Dies ist aber vermutlich nicht durch die 100 Hz-Beleuchtung beeinflusst, sondern beruht auf der Tatsache, dass die Wellensittiche während der Verhaltensbeobachtung in die Mauser kamen, wobei dieser Zeitpunkt bei den minderpigmentierten Wellensittichen mit 6-7 Monaten

überraschend spät lag. Die Mauser dauert mehrere Wochen an, und in dieser Zeit putzen sich die Wellensittiche durch den Federwechsel bedingt häufiger als gewöhnlich.

Die Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche zeigte bei höherem Lichtangebot einen signifikanten Anstieg der lokomotorischen Aktivität. Hier könnte ein Zusammenhang mit der Beleuchtung vermutet werden. Dagegen spricht aber, dass bei der Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche keine vergleichbare Beziehung zwischen Helligkeitsgrad und lokomotorischer Aktivität nachgewiesen werden konnte. Stattdessen scheint eher ein Zusammenhang zwischen dem Lokomotionsverhalten und dem Sozialverhalten zu bestehen, zumindest konnten hier bei beiden Wellensittichgruppen gewisse Parallelen beobachtet werden (Abb. 40 und 41). Wahrscheinlich stieg also das Lokomotionsverhalten aufgrund seiner engen Koppelung an den Funktionskreis Sozialverhalten.

Letztlich können auch Beeinflussungen des Verhaltens der Wellensittiche durch die Jahreszeit und damit verbundenen Temperaturschwankungen nicht ausgeschlossen werden.

Insgesamt ist also bei der Interpretation der Verhaltensweisen Zurückhaltung angezeigt, da der Faktor „Zeit“ die Ergebnisse in hohem Masse überlagert, wie in diesem Kapitel dargelegt wurde. Daher stützen sich die später gemachten Aussagen zur Beleuchtungspräferenz hauptsächlich auf die in den Präferenztests gewonnenen Resultate.

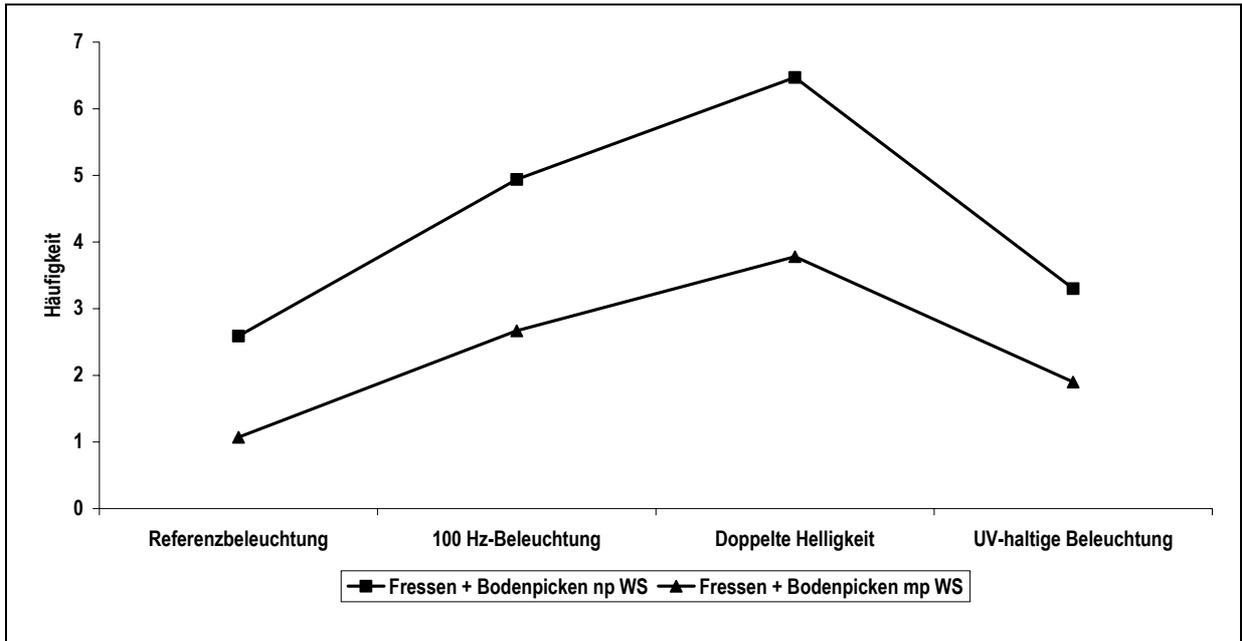


Abb. 35: Zeitliche Änderung des Fressverhaltens bei den normal- und minderpigmentierten Wellensittichen.

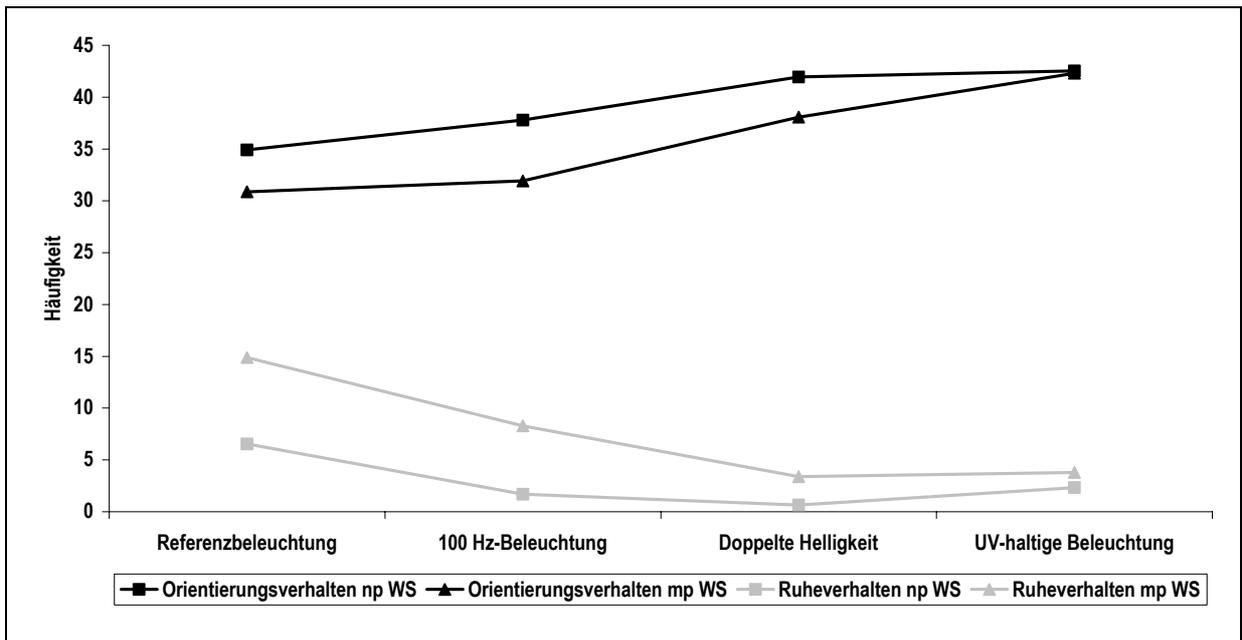


Abb. 36: Zeitliche Änderung von Orientierungs- und Ruheverhalten bei den normal- und minderpigmentierten Wellensittichen.

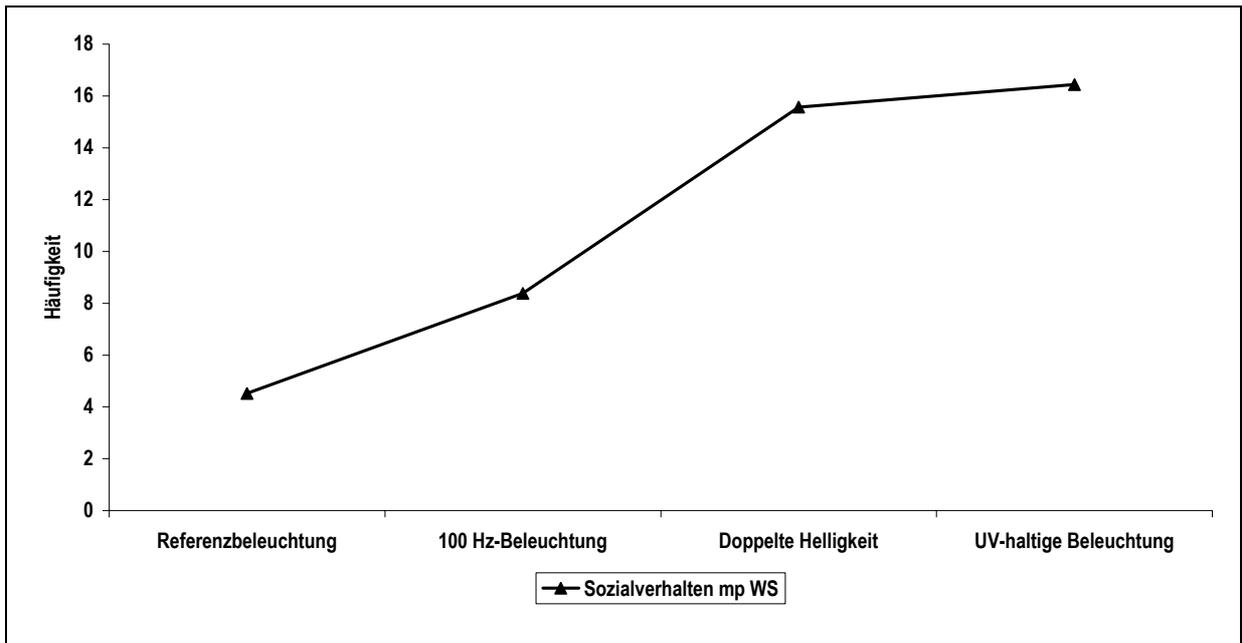


Abb. 37: Zeitliche Änderung des Sozialverhaltens bei den normalpigmentierten Wellensittichen.

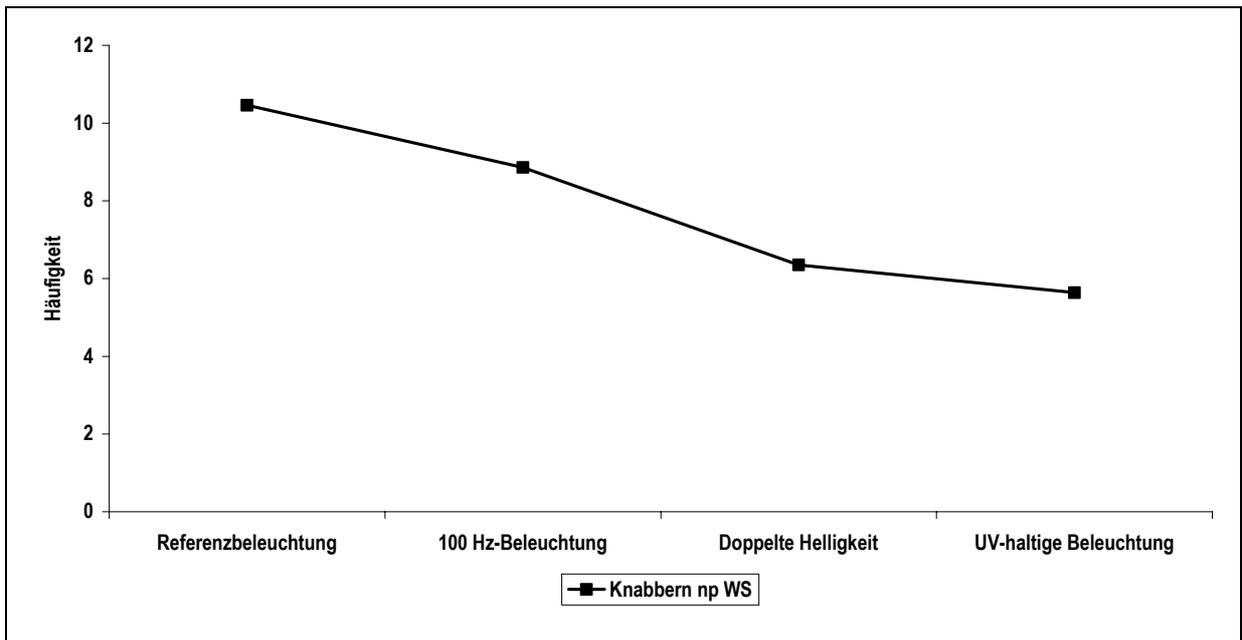


Abb. 38: Zeitliche Änderung der Beschäftigung mit einem Gegenstand (= Knabbern) bei den normalpigmentierten Wellensittichen.

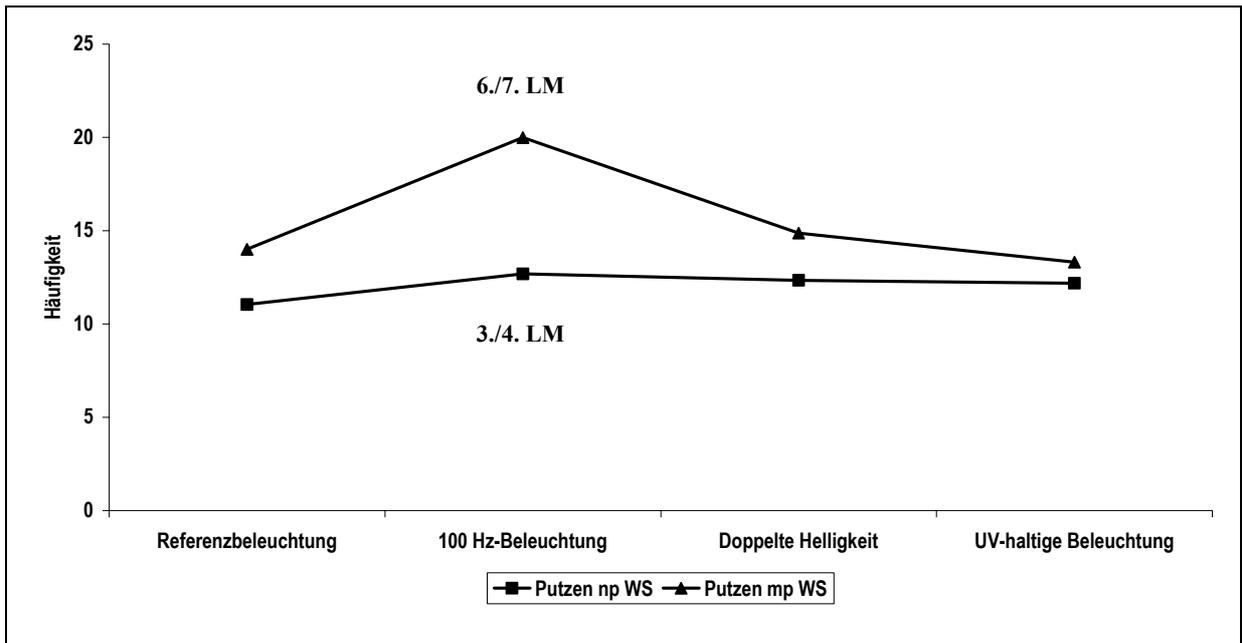


Abb. 39: Durch die Mauser bedingte Änderung des Putzverhaltens bei den normal- und minderpigmentierten Wellensittichen. LM = Lebensmonat.

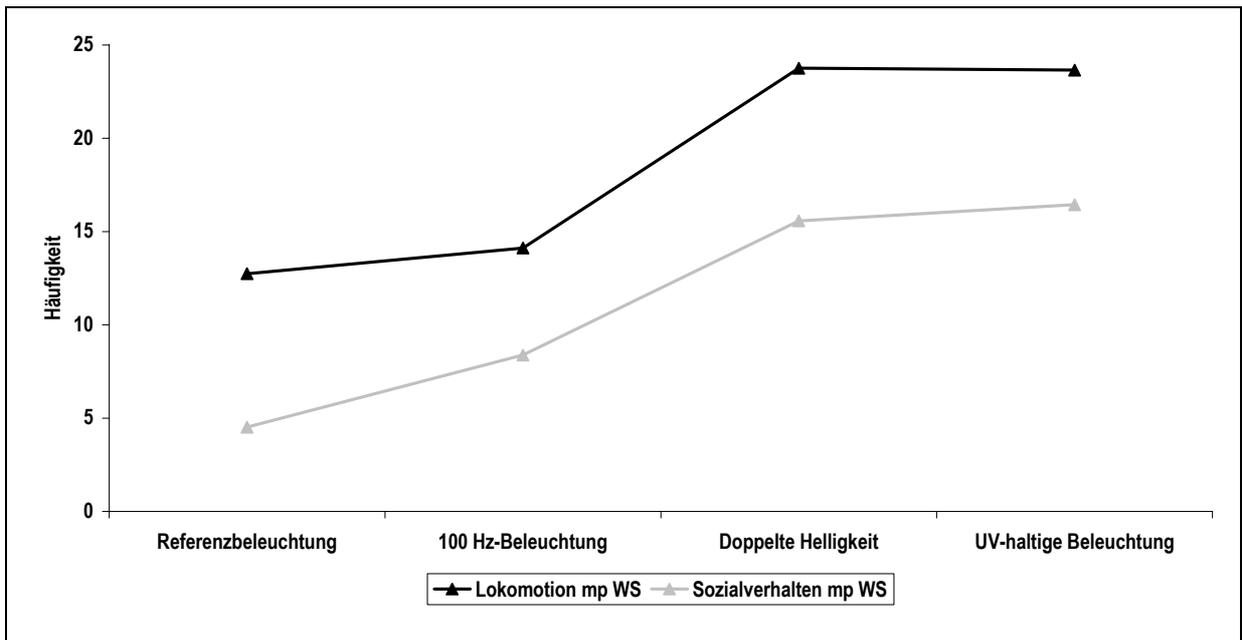


Abb. 40: Parallelen zwischen Lokomotion und Sozialverhalten bei den minderpigmentierten Wellensittichen.

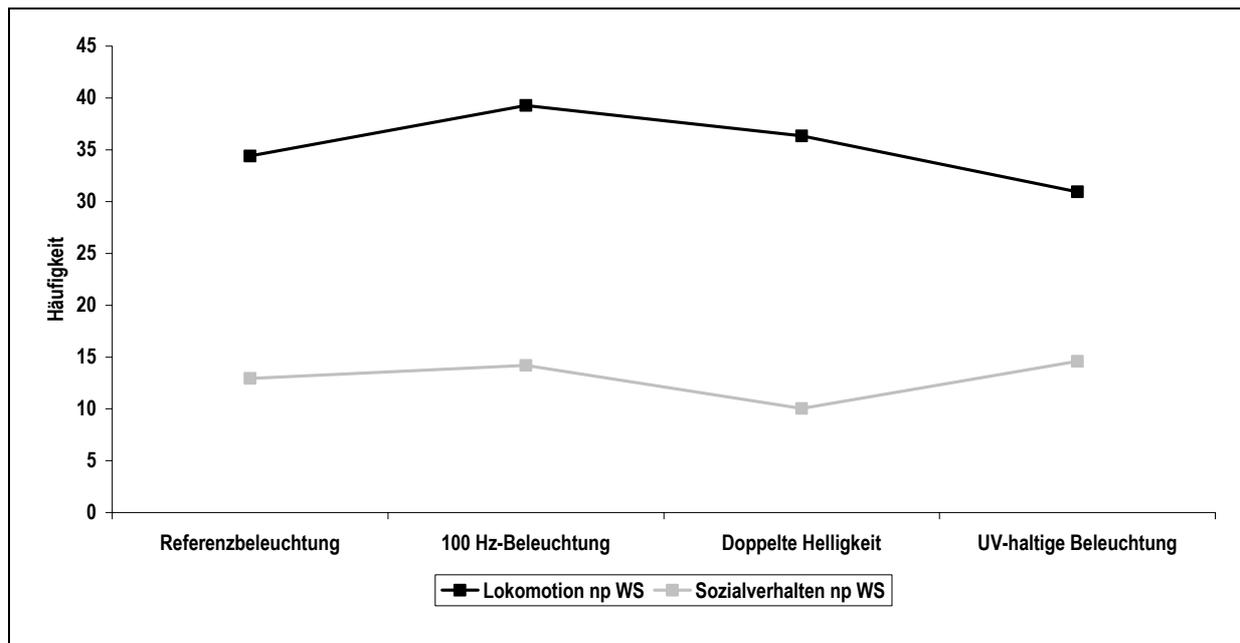


Abb. 41: Parallelen zwischen Lokomotion und Sozialverhalten bei den normalpigmentierten Wellensittichen.

4.3 Präferenztest

4.3.1 Bewertungsproblematik von Präferenztests

Um Aussagen zur Beleuchtungspräferenz bei den Wellensittichen machen zu können, wurde den Vögeln pro Versuch eine Referenzbeleuchtung und eine Testbeleuchtung zur Auswahl gegeben, die sich im Idealfall jeweils nur in einem Kriterium unterscheiden sollten. Im ersten Hauptversuch unterschieden sich die beiden Beleuchtungsformen hinsichtlich der Flackerfrequenz, im zweiten Hauptversuch in Bezug auf die Beleuchtungshelligkeit und im dritten Hauptversuch im Hinblick auf das Lichtspektrum. Bei der Bewertung der Versuchsergebnisse müssen einige der im Folgenden aufgeführten Aspekte berücksichtigt werden, um falsche Schlussfolgerungen zu vermeiden.

In der vorliegenden Studie hatten die Wellensittiche jeweils die Wahl zwischen zwei Beleuchtungsvarianten. Folglich können anhand der Ergebnisse nur Aussagen über die relative und nicht über die absolute Beleuchtungspräferenz getroffen werden (*Duncan 1977*). Wenn sich also die Wellensittiche beispielsweise für die „doppelte Helligkeit“ gegenüber der „einfachen Helligkeit“ entschieden, wählten sie diejenige Option, die ihnen bei den zwei zur Auswahl stehenden Möglichkeiten die gefälligere war. Das heisst nicht, dass die im Versuch getestete „doppelte Helligkeit“ (mit den Eigenschaften „tageslichtweiss“ und mittlere Helligkeit 937.8 lx) für sie die optimale Beleuchtungsform darstellt. Möglicherweise wäre ihnen eine noch hellere Beleuchtung oder eine Beleuchtung mit einem anderen Lichtspektrum noch lie-

ber gewesen. Dieser Aspekt muss jedoch in nachfolgenden Untersuchungen näher analysiert werden. Für die vorliegende Untersuchung wurden praxisübliche Beleuchtungstypen gewählt.

Ein weiterer Aspekt ist bei den Präferenztests zu beachten. Es handelt sich bei den Entscheidungen, welche die Tiere treffen, in der Regel um Präferenzen, die einem augenblicklichen Bedürfnis entspringen. Da Tiere die daraus resultierenden Folgen nicht absehen können, wählen sie womöglich nicht unbedingt die für sie auf lange Sicht am besten geeignete Bedingung. Demgegenüber spricht für die Aussagefähigkeit von Präferenztests, dass Tiere durch die natürliche Selektion eine dahingehende Entwicklung durchlaufen haben, die sie instinktiv die für ihre Art biologisch gesehen optimalen Bedingungen wählen lässt. Für Wildtiere mag dieses Argument weitestgehend zutreffen, da für sie kurzfristiges Wohlergehen des Individuums meist mit langfristigem Bestand der Art korreliert. Durch die künstliche Selektion, die bei den Haustierrassen stattgefunden hat, ist die Gleichrichtung dieser beiden Ziele (Wohlergehen des Individuums und Bestandsicherung der Art) nicht mehr unbedingt gewährleistet (*Duncan 1977, Dawkins 1982*). Da Wellensittiche sich aber erst seit ca. 150 Jahren in menschlicher Obhut befinden und damit ihren wildlebenden Artgenossen noch relativ nahe stehen, darf man davon ausgehen, dass ihre Wahl auf eine für sie möglichst günstige Umweltbedingung fällt.

Weiter ist zu beachten, dass das Tier durch seine vorangegangene Haltung bereits an bestimmte Umweltbedingungen (z.B. eine bestimmte Beleuchtungsform) gewöhnt wurde und bei einem Wahlversuch daher eventuell zuerst aus Angst vor dem Unbekannten auf die Umweltbedingung zurückgreift, die ihm vertraut ist (*Dawkins 1982*). Also muss ein Wahlversuch lange genug andauern, bis sich das Tier mit allen Alternativen vertraut machen konnte, um sich dann erst wirklich frei für die ihm angenehmste Bedingung zu entscheiden.

Zuletzt muss darauf hingewiesen werden, dass die Resultate aus einem Präferenztest nichts über den absoluten Stellenwert der getesteten Bedingung in Bezug auf alle übrigen Umweltbedingungen, die das Befinden des Tieres beeinflussen, aussagen. Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Studie kann also keine Aussage über den Stellenwert der Beleuchtung im Vergleich zu anderen Parametern im Hinblick auf das Wohlbefinden eines Wellensittichs gemacht werden. Doch trotz dieser Einschränkungen stellen Präferenztests eine - wenn auch in ihrer Aussagekraft begrenzte - Möglichkeit dar, Erkenntnisse über die von Tieren bevorzugten Lebensbedingungen zu gewinnen.

4.3.2 Voliereeffekt als „Confounder“

Beide Wellensittichgruppen bildeten eine statistisch signifikante Volierenpräferenz aus: die Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche bevorzugte Voliere II (Differenz 5.37 Pro-

zentpunkte), die Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche Voliere I (Differenz 60.67 Prozentpunkte). Während der Volierenpräferenz der normalpigmentierten Wellensittiche aber aufgrund der schwachen Ausprägung keine Bedeutung beigemessen werden kann, ist bei den minderpigmentierten Wellensittichen hingegen eine Relevanz nicht von der Hand zu weisen.

Denkbar wäre die zufällige Bevorzugung von Voliere I durch einen Wellensittich mit „Leaderqualitäten“, dessen Wahl sich die übrigen Wellensittiche wegen des Schwarmzusammenhaltes anschlossen.

Vielleicht spielte auch die Anordnung der Volieren im Versuchsraum eine Rolle. Voliere I befand sich, durch eine Zwischenwand abgeschirmt, näher bei der Eingangstüre, während Voliere II mehr zur Wand hin positioniert war. Offen bleibt dabei, warum die Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche diese Volierenpräferenz nicht teilte.

Einen derartigen Positionseffekt stellten auch *Widowski und Duncan* (1996) in einer Untersuchung zur Beleuchtungspräferenz von Legehennen fest. Die Hennen bevorzugten signifikant die Testkammer, die am nächsten zu der Türe, durch welche die Versuchstiere in den Versuchsraum gebracht wurden, gelegen war.

Letztendlich konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die Ursache für den Voliereffekt nicht geklärt werden. Die Feststellung dieser Positionspräferenz ist aber lediglich ein Nebenergebnis der Untersuchungen. Durch den nach einer Woche durchgeführten Seitenwechsel der Beleuchtung wurde eine Verfälschung der Versuchsergebnisse ausgeschlossen.

4.3.3 Bedeutung von statistischen Signifikanzen im Präferenztest

Die Tab. 19-22 geben nochmals eine Gesamtübersicht über die Ergebnisse aus den Präferenztests. Gleichzeitig enthalten sie eine Bewertung der Resultate hinsichtlich ihrer Aussagekraft. Obwohl alle Testergebnisse laut statistischer Prüfung signifikant waren, lässt sich daraus nicht zwingend auch das Vorliegen einer Relevanz für die Wellensittiche ableiten. Daher wird bei der Bewertung der Ergebnisse folgender Massstab angelegt: beträgt die Differenz zwischen zwei Mittelwerten weniger als 10% (was bei einer Gruppe von zehn Wellensittichen einem Tier entspricht), kann nicht von einer Bedeutung des Beleuchtungstyps für die Wellensittiche ausgegangen werden. Bewegt sich die Differenz zwischen 10-30% (das entspricht einer Anzahl von ein bis drei Tieren), kann eine Relevanz für die Tiere nicht ausgeschlossen werden. Macht der Unterschied mehr als 30% (also mehr als drei Tiere) aus, darf man annehmen, dass der Einfluss der Beleuchtungsform eine für die Vögel relevante Rolle spielt.

Tab. 19: Volierenpräferenz von normal- und minderpigmentierten Wellensittichen bei gleicher Beleuchtung. Mittelwerte [%].

	Voliere I	Voliere II	p-Wert	Präferenz	Aussagekraft
normalpig. Wellensittiche	45.40	50.77	s.	Voliere II	nein
minderpig. Wellensittiche	77.70	17.03	s.	Voliere I	ja

Tab. 20: Beleuchtungspräferenz von normal- und minderpigmentierten Wellensittichen bei 100 Hz-Beleuchtung und 42 kHz-Beleuchtung. Mittelwerte [%].

	100 Hz- Beleuchtung	42 kHz- Beleuchtung	p-Wert	Präferenz	Aussagekraft
normalpig. Wellensittiche	43.79	48.16	s.	42 kHz- Beleuchtung	nein
minderpig. Wellensittiche	52.54	40.58	s.	100 Hz- Beleuchtung	eventuell

Tab. 21: Beleuchtungspräferenz von normal- und minderpigmentierten Wellensittichen bei einfacher und doppelter Helligkeit. Mittelwerte [%].

	Einfache Helligkeit	Doppelte Helligkeit	p-Wert	Präferenz	Aussagekraft
normalpig. Wellensittiche	39.52	53.78	s.	Doppelte Helligkeit	eventuell
minderpig. Wellensittiche	17.14	75.55	s.	Doppelte Helligkeit	ja

Tab. 22: Beleuchtungspräferenz von normal- und minderpigmentierten Wellensittichen bei UV-freier und UV-haltiger Beleuchtung. Mittelwerte [%].

	UV-freie Beleuchtung	UV-haltige Beleuchtung	p-Wert	Präferenz	Aussagekraft
normalpig. Wellensittiche	49.28	43.06	s.	UV-freie Beleuchtung	nein
minderpig. Wellensittiche	60.53	27.66	s.	UV-freie Beleuchtung	ja

4.4 Aufenthaltspräferenz und Verhalten in Abhängigkeit von der Flackerfrequenz

Bei einer Vielzahl von Vögeln, darunter auch dem Wellensittich, wurde durch Lernexperimente und elektroretinographische Ableitungen an der Netzhaut ein optisches Auflösungsvermögen von bis zu 150 Hz nachgewiesen (*Dodt und Wirth 1953, Powell 1967, Ginsburg und Nilsson 1971, Nuboer et al. 1992, Szölgényi et al. 2000*). Das bedeutet, dass das Vogelauge Bewegungsabläufe in bis zu 150 Einzelbilder pro Sekunde zerlegen kann. Herkömmliche Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten sind auf die Bedürfnisse des

Menschen ausgelegt und weisen in Europa eine netzabhängige „Flackerfrequenz“ von 100 Hz auf. Dieses Flackern wird vom Menschen nicht wahrgenommen, kann aber von den Vögeln gesehen und möglicherweise als „Stroboskopeffekt“ empfunden werden. Damit Vögel das Licht von Leuchtstofflampen als kontinuierlich wahrnehmen, muss in die Leuchte ein elektronisches Vorschaltgerät eingebaut werden, welches die Flackerfrequenz auf über 150 Hz erhöht.

Die Wahrnehmung von Flackerlicht hängt zudem von verschiedenen Faktoren wie mittlerer Helligkeit der Lichtquelle, Modulationstiefe (= Crest-Faktor), Grösse der Licht emittierenden Fläche, Lichtfarbe, Adaptionszustand, Müdigkeit usw. ab (*Landis 1954, Hartmann und Busser 1991*). Der Mensch kann bei länger anhaltender Exponierung auf flackernde Lichtquellen (auch wenn das Flackern für ihn nicht sichtbar ist) bekanntlich mit Befindensstörungen wie Leistungs- und Konzentrationsschwäche sowie Müdigkeit und Kopfschmerzen reagieren. Abgesehen von der störenden Wirkung kann Flackerlicht unter Umständen sogar zerebrale Krampfanfälle provozieren. Folglich stellte sich die Frage, ob das Wohlbefinden von Wellensittichen ebenfalls durch eine niederfrequente 100 Hz-Beleuchtung beeinträchtigt wird.

Die Ergebnisse des Wahlversuches konnten aber die Arbeitshypothese, dass Wellensittiche eine hochfrequente und damit flackerfreie Beleuchtung (42 kHz) gegenüber einer niederfrequenten Beleuchtung (100 Hz) bevorzugen, nicht bestätigen. Die Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche zeigte zwar eine geringfügige Präferenz (Differenz 4.37 Prozentpunkte) für die 42 kHz-Beleuchtung, doch aufgrund der schwachen Ausprägung ist diese Präferenz nicht aussagekräftig. Die minderpigmentierten Wellensittiche zogen sogar entgegen allen Annahmen in geringem Masse (Differenz 11.96 Prozentpunkte) die 100 Hz-Beleuchtung vor, aber auch hier lässt die Verteilung der Vögel sicherlich keine begründeten Rückschlüsse auf ihre Beleuchtungspräferenz zu.

Dies wird noch durch die Resultate aus den Verhaltensbeobachtungen an den Wellensittichen untermauert, wo sich ebenfalls keine eindeutigen Hinweise auf durch die Form der Beleuchtung hervorgerufene Verhaltensänderungen ergaben. Die registrierten Änderungen im Verhalten unter der 100 Hz-Beleuchtung gegenüber der 42 kHz-Beleuchtung beruhten vermutlich auf anderen, nicht von der Qualität der Beleuchtung beeinflussten Faktoren. Hierzu erfolgte bereits eine nähere Erläuterung in Kap. 4.2.3, wo der Einfluss des Zeitfaktors auf diverse Verhaltensweisen abgehandelt wurde. Sollten die unter der 100 Hz-Beleuchtung beobachteten Änderungen im Verhalten (mehr Komfortverhalten, mehr Sozialverhalten, weniger Ruheverhalten) entgegen dieser Interpretation doch von der Beleuchtung beeinflusst gewesen sein,

ergeben sich daraus keinerlei Hinweise auf eine nachteilige Auswirkung der niederfrequenten Beleuchtung. Anhand der vorliegenden Ergebnisse muss man also davon ausgehen, dass die beiden Beleuchtungsformen für die Wellensittiche gleichwertig sind.

Auch Truthähne finden das Flackern von Leuchtstofflampen offensichtlich nicht abstossend, wie *Sherwin* (1999) zeigen konnte. Sowohl die unter einer flackerfreien Glühlampenbeleuchtung als auch die unter einer flackernden Leuchtstofflampenbeleuchtung aufgewachsenen Truthähne bevorzugten in Präferenztests signifikant die flackernden Leuchtstofflampen gegenüber den flackerfreien Glühlampen. *Sherwin* (1999) sieht die Ursache für diese Präferenz darin, dass entweder das Lichtspektrum der Leuchtstofflampen dem des natürlichen Tageslichtes ähnlicher ist, oder dass das Leuchtstofflampenlicht im Vergleich zum Glühlampenlicht (trotz gleicher gemessener Luxwerte von 10 lx) von den Tieren als heller wahrgenommen wird. Aber unabhängig davon, welche der beiden Erklärungsmöglichkeiten letztlich zutrifft, scheint das Flackern der Leuchtstofflampen bei Truthähnen nicht auf Ablehnung zu stossen.

Zum gleichen Ergebnis kamen *Widowski und Duncan* (1996), die ein ähnliches Experiment mit Legehennen durchführten. Sie exponierten ihre Versuchstiere Leuchtstofflampen, die mit niederfrequenten bzw. hochfrequenten Vorschaltgeräten ausgestattet waren. Die Legehennen zeigten für keine der beiden Beleuchtungsformen eine Präferenz, und es konnten auch keine diesbezüglichen Verhaltensänderungen festgestellt werden. Die Autoren schlossen daraus, dass die Tiere das Flackern entweder nicht abstossend fanden oder dass die Hennen das Flackern aufgrund der geringen Beleuchtungsstärke (ca. 14 lx) überhaupt nicht wahrnahmen. Die kritische Flimmerverschmelzungsfrequenz steigt und sinkt nämlich mit der Zu- und Abnahme der Beleuchtungsstärke, was dazu führt, dass bei niedrigen Luxwerten das Flackern einer Lichtquelle nicht mehr registriert wird (*Landis* 1954, *Hartmann und Buser* 1991).

Bei den vorliegenden Lichtversuchen mit den Wellensittichen lagen die Luxwerte mit einer mittleren Helligkeit von 464.4 lx (42 kHz-Beleuchtung) bzw. 535.2 lx (100 Hz-Beleuchtung) zwar um ein Vielfaches höher als in den Versuchen mit den Truthähnen und Legehennen, aber vielleicht war die Intensität der Beleuchtung trotzdem noch zu gering, als dass das Flackern von den Wellensittichen wahrgenommen und als unangenehm empfunden worden wäre.

Eine mögliche Erklärung für den fehlenden Effekt von Flackerlicht in Präferenzversuchen geben *Noboer et al.* (1992). Sie belegten, dass Hennen das Flackern niederfrequenter 100 Hz-Beleuchtungen bei direktem Blick in die Lichtquelle sehen können. Sie geben aber zu bedenken, dass der Flackereffekt durch Reflexionen an den Wänden des Stalls eventuell so abge-

schwächt werden könnte, dass die Tiere das Flackern nicht mehr registrieren. Diese Möglichkeit sollte auch bei der vorliegenden Untersuchung mit den Wellensittichen in Betracht gezogen werden. Da die Lampen über der Voliere angebracht waren, blickten die Wellensittiche nicht unmittelbar hinein. Durch diffuse Reflexionen an den Volierenwänden könnte das Flackern innerhalb der Volieren unter Umständen so stark abgemildert worden sein, dass es keine bedeutende Rolle mehr spielte.

Zudem wiesen *Nuboer et al.* (1992) an denselben Hennen einen linearen Zusammenhang zwischen der Flimmerverschmelzungsfrequenz und dem Logarithmus der Beleuchtungsstärke nach. Wie beim Menschen sinkt bei Hühnern mit abnehmender Beleuchtungsstärke die Fähigkeit, das Flackern einer Lichtquelle wahrzunehmen.

Wie *Boshouwers und Nicaise* (1992) im Rahmen einer Untersuchung feststellten, zeigten Broilerküken unter einer niederfrequenten 100 Hz-Beleuchtung weniger Aktivität als unter einer hochfrequenten 26 kHz-Beleuchtung. Dieses Ergebnis kann anhand der Resultate der vorliegenden Studie für Wellensittiche nicht bestätigt werden. Bei beiden Wellensittichgruppen konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Lokomotion als wichtiger Indikator von Aktivität zwischen der 100 Hz-Beleuchtung und der 42 kHz-Beleuchtung ermittelt werden. Der direkte Vergleich wird aber durch unterschiedliche Definitionen des Begriffes „Aktivität“ erschwert. Während *Boshouwers und Nicaise* (1992) nur zwischen den beiden Verhaltensformen „Aktivität“ und „Ruhe“ differenzierten, wurden in der vorliegenden Untersuchung insgesamt sieben Funktionskreise unterschieden.

Maddocks et al. (2001c) untersuchten den Einfluss von Flackerlicht auf den Plasmacorticosteronspiegel bei europäischen Staren (*Sturnus vulgaris*). Sie fanden Hinweise, wenn auch keine gesicherten Beweise, für einen Anstieg des Plasmacorticosteronspiegels bei Staren als Stressantwort auf eine niederfrequente Beleuchtung. Weiterführende Untersuchungen sind erforderlich, um für Wellensittiche möglicherweise einen analogen Zusammenhang zwischen der Flackerfrequenz der Beleuchtung und einer Stressantwort in Form eines Anstieges des Plasmacorticosteronspiegels aufzuzeigen.

Insgesamt konnten weder für die normal- noch die minderpigmentierten Wellensittiche negative Reaktionen auf die niederfrequente 100 Hz-Beleuchtung nachgewiesen werden. Auch aus den Verhaltensänderungen (mehr Komfortverhalten, mehr Sozialverhalten, weniger Ruheverhalten unter der 100 Hz-Beleuchtung) lassen sich, sofern sie überhaupt auf die Beleuchtung zurückzuführen sind, keine ungünstigen Auswirkungen der niederfrequenten Beleuchtung auf das Wohlbefinden der Vögel ableiten. Für eine abschliessende Beurteilung könnten eventuell

weiterführende Untersuchungen, die einen Zusammenhang zwischen niederfrequenter Beleuchtung und Höhe des Plasmacorticosteronspiegels prüfen, hilfreich sein.

4.5 Aufenthaltspräferenz und Verhalten in Abhängigkeit von der Beleuchtungshelligkeit

Bei der Helligkeitsmessung muss man beachten, dass das verwendete Luxmeter gewöhnlich auf das Sehempfinden des Menschen ausgelegt ist. Während das menschliche Auge bei Helladaptation bekanntlich im gelb-grünen Bereich (560°nm) am empfindlichsten ist (*Schmidtke* 1981), weisen Vögel (Hühner) zusätzlich im Bereich von 400-480°nm sowie 580-700°nm weitere Peaks in ihrer spektralen Empfindlichkeit auf (*Prescott und Wathes* 1999). Daher geben die Messergebnisse eines Luxmeters für eine bestimmte Leuchtstofflampe nicht unbedingt die Lichtintensität wieder, die ein Vogel unter derselben Lampe wahrnimmt. Für den Versuch mit den unterschiedlichen Helligkeiten spielte dies jedoch keine Rolle, da in beiden Volieren die gleichen Leuchtstofflampentypen verwendet wurden. Die gewünschte Helligkeitsrelation wurde dadurch erreicht, dass in der einen Voliere doppelt so viele Lampen eingeschaltet waren wie in der Vergleichsvoliere.

Wellensittiche stammen ursprünglich aus Australien, einem Land, in dem die Sonneneinstrahlung über das ganze Jahr hinweg extrem hoch ist. Dies legt die Vermutung nahe, dass sie sich bei der Wahl zwischen zwei unterschiedlich hellen Beleuchtungen für das höhere Lichtangebot entscheiden werden. Dies konnte in dem hierzu durchgeführten Wahlversuch für beide Wellensittichgruppen bestätigt werden. Auch wenn die zur Auswahl stehenden Helligkeiten beide nur einen Bruchteil der Intensität des Sonnenlichtes ausmachten, zogen sowohl die normal- als auch die minderpigmentierten Wellensittiche (Differenz 14.26 bzw. 58.41 Prozentpunkte) die heller erleuchtete Voliere vor.

Interessanterweise war die Präferenz für die heller beleuchtete Voliere bei der Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche sehr viel stärker ausgeprägt als bei der Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche. Dies scheint der allgemeinen Erfahrung zu widersprechen, dass minderpigmentierte Tiere bzw. Albinos eine sehr helle Beleuchtung eher meiden, da bei ihnen aufgrund des Pigmentmangels im Bereich des Auges und seiner Schutzeinrichtungen eine erhöhte Blendungsempfindlichkeit anzunehmen ist. Da sich allerdings sowohl die „einfache Helligkeit“ (140-953 lx) als auch die „doppelte Helligkeit“ (277-2006 lx) in Luxbereichen bewegten, die in Relation zum natürlichen Tageslicht (20.000-100.000 lx) extrem niedrig sind, kann man davon ausgehen, dass selbst die „doppelte Helligkeit“ keinerlei Gefährdung für die Augengesundheit der minderpigmentierten Wellensittiche darstellte und demzufolge

von diesen auch nicht als unangenehm empfunden und gemieden wurde. Ausserdem handelt es sich bei minderpigmentierten Wellensittichen nicht um albinotische Tiere im wissenschaftlichen Sinne. Im Gegensatz zu echten Albinos besitzen minderpigmentierte Wellensittiche sowohl an der inneren Fläche der Iris als auch in Teilen der Netzhaut (Pecten oculi und Austrittsstelle des Nervus opticus) Pigmente, und es konnte bei ihnen keine Photophobie nachgewiesen werden (*Wilken 1998, Wilken et al. 1998, Wilken et al. 1999*).

In von *Sherwin (1998)* durchgeführten Wahlversuchen bevorzugten Truthähne Lichtintensitäten, die ähnlich hoch oder höher waren als diejenige, unter der sie aufgezogen worden waren.

Greenwood et al. (2002) liessen Staren die Wahl zwischen zwei Beleuchtungshelligkeiten, von denen eine um 25% höher war als die andere. Die Stare zeigten eine signifikante Präferenz für das höhere Lichtangebot.

Davis et al. (1998) führten Wahlversuche mit Broiler- und Legehennenlinien durch, in denen den Tieren vier verschiedene Lichtintensitäten zur Auswahl standen. Hier zeigte sich, dass das Alter der Tiere einen massgeblichen Einfluss auf die Wahl der Helligkeit hatte: während sich beide Zuchtlinien im Alter von zwei Wochen vorzugsweise unter der hellsten Beleuchtung (200 lx) aufhielten, verbrachten sie im Alter von sechs Wochen die meiste Zeit unter der schwächsten Beleuchtung (6 lx).

Bei den beiden Wellensittichgruppen aus der vorliegenden Studie dagegen schien das Alter keinen Einfluss auf die Beleuchtungspräferenz zu nehmen. Die normalpigmentierten Wellensittiche waren nämlich zum Zeitpunkt des Helligkeitsversuches ca. vier Monate alt, die minderpigmentierten Wellensittiche ca. sieben Monate. Dennoch hielten sich sowohl die normal- als auch die minderpigmentierten Wellensittiche vorzugsweise in der heller beleuchteten Voliere auf. Die Diskrepanz zu den Ergebnissen von *Davis et al. (1998)* könnte zum einen auf das deutlich höhere Alter der untersuchten Wellensittiche zurückzuführen sein. Zum anderen führten *Davis et al. (1998)* ihre Versuche nacheinander mit den gleichen Tieren durch, während es sich bei den Wellensittichen um zwei verschiedenen Versuchstiergruppen handelte.

Was das Verhalten angeht, stellten *Denbow et al. (1990)* in einer Untersuchung an Truthennen fest, dass die Helligkeit keinerlei Auswirkungen hatte. Demgegenüber ergaben sich in der vorliegenden Studie zwar einige signifikante Unterschiede im Verhalten der Wellensittiche unter der einfachen und der doppelten Helligkeit, aber im vorangegangenen Kap. 4.2.3 „Zeiteffekt als Confounder bei Verhaltensbeobachtungen“ wurde dargelegt, dass die beobachteten Unterschiede vermutlich nicht auf der Helligkeit des Lichtes, sondern vielmehr auf dem Einfluss des Faktors Zeit beruhen. Somit liefern die Ergebnisse aus den Verhaltensbeobachtun-

gen an den Wellensittichen allenfalls Hinweise auf Auswirkungen der Beleuchtungsintensität auf das Verhalten der Vögel.

Andere Resultate erhielten *Newberry et al.* (1988), die das Verhalten von Broilerküken unter 6 lx und 180 lx verglichen. Aus ihren Daten ging hervor, dass die Aktivität der Broilerküken unter der 180 lx-Beleuchtung gegenüber der 6 lx-Beleuchtung signifikant erhöht war.

Beim Vergleich der verschiedenen Forschungsergebnisse muss allerdings berücksichtigt werden, dass die Differenzen sowie die absoluten Luxwerte der zur Auswahl stehenden Helligkeiten in den drei Untersuchungen sehr unterschiedlich waren. Während die Truthennen unter 10.8 lx bzw. 86.1 lx gehalten wurden, basierte der Vergleich bei den Broilerküken auf einer Haltung unter 6 lx bzw. 180 lx. Die vergleichenden Verhaltensbeobachtungen an den Wellensittichen dagegen wurden unter einer im Mittel 464.4 lx und einer 937.8 lx starken Beleuchtung durchgeführt. Die Luxwerte der helleren Umgebung betragen also bei den Wellensittichen - bei gleichzeitig relativ hohen absoluten Luxwerten - nur das 2-fache, bei den Truthennen das 8-fache und bei den Broilerküken das 30-fache der dunkleren Umgebung. Es ist also durchaus denkbar, dass sich messbare Änderungen im Verhalten (z.B. Aktivität) erst einstellen, wenn die hellere Beleuchtung ein sehr grosses Vielfaches der dunkleren Alternativbeleuchtung beträgt. Zudem erschweren auch hier wieder die unterschiedlichen Definitionen der Verhaltensweisen den direkten Vergleich zwischen den drei Untersuchungen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass normal- und minderpigmentierte Wellensittiche eine heller erleuchtete Umgebung gegenüber einem weniger hell beleuchteten Umfeld vorziehen. Dies deckt sich mit den Resultaten zweier Studien (*Sherwin 1998, Greenwood et al. 2002*), die sich mit diesem Thema bei Truthähnen bzw. Staren beschäftigt haben. Inwiefern sich eine hellere Beleuchtung auf das Verhalten der Tiere auswirkt, ist anhand der erhobenen Daten schwierig zu beurteilen, da der im vorab schon besprochene Zeitfaktor zum Teil erheblichen Einfluss auf einzelne Verhaltensweisen nahm.

Normative Regelungen zur Qualität der Beleuchtung in der Ziervogelhaltung sind spärlich. In der Schweizer Tierschutzgesetzgebung finden sich, wie eingangs schon erwähnt, keine Mindestanforderungen an die Beleuchtungshelligkeit bei der Haltung von Ziervögeln. Vom Bundesamt für Naturschutz (Deutschland) liegt immerhin ein Gutachten über die Mindestanforderungen an die Haltung von artgeschützten Weichfresserarten vor, in dem bei dauerhafter Haltung von Augenbrauenhählerling (*Garrulax canorus*), Silberrohrsonnenvogel (*Leiothrix argenteauris*), Sonnenvogel (*Leiothrix lutea*) und Beo (*Gracula religiosa*) eine Beleuchtungsintensität von mindestens 200 lx gefordert wird (*Bartsch et al. 2000*). Es gibt aber praktisch keine

wissenschaftlichen Untersuchungen zur Ermittlung von Mindestanforderungen an die Beleuchtungsintensität bei der Haltung von Wildvögeln. Die im Gutachten aufgeführten Vorschläge wurden vermutlich hauptsächlich aufgrund von Erfahrungen und Erkenntnisgewinn aus der tiergärtnerischen Praxis erarbeitet. Berücksichtigt man aber, dass die Wellensittiche in der vorliegenden Untersuchung eine Beleuchtung mit einer mittleren Helligkeit von 937.8 lx einer Beleuchtung mit einer mittleren Beleuchtungsstärke von 464.4 lx vorzogen, scheint die im oben genannten Gutachten geforderte Mindestbeleuchtung von 200 lx für Ziervögel vergleichsweise tief gewählt zu sein.

Der Schweizer Tierschutz fordert in seiner Informationsbroschüre „Vögel als Heimtiere“ die Platzierung von Vogelvolieren an einer hellen, zumindest während eines Teils des Tages besonnten Stelle. Als optimale Unterbringung für Vögel stellen sich die Autoren eine sog. „Vogelstube“ vor, ein nach Süden oder Südosten gelegenes Zimmer mit vergitterten Fenstern, die geöffnet werden können und somit eine direkte Sonneneinstrahlung erlauben (*Isenbügel und Lerch-Leemann* 1999). Diese Lösung würde sicherlich den Beleuchtungsansprüchen der Vögel hinsichtlich Lichtintensität und -spektrum am ehesten gerecht werden, ist aber in vielen Fällen kaum praktikabel und wird wohl nur von eingefleischten Vogelliebhabern mit entsprechenden finanziellen und räumlichen Möglichkeiten beherzigt werden.

4.6 Aufenthaltspräferenz und Verhalten in Abhängigkeit vom Lichtspektrum

Eine Vielzahl tagaktiver Vögel, darunter auch der Wellensittich, besitzt auf der Netzhaut zusätzlich zu den drei üblichen Zapfentypen (blau, grün, rot) einen vierten Zapfentyp mit einem besonderen Sehpigment, das für kurzwelliges Licht sensitiv ist und dessen Absorptionsmaximum beim Wellensittich bei 371 ± 5 nm liegt (*Maier* 1994, *Bowmaker et al.* 1997, *Hart et al.* 1998, *Wilkie et al.* 1998, *Prescott und Wathes* 1999, *Smith et al.* 2002). Somit kann das Vogelauge für den Menschen unsichtbares UV-Licht im Bereich von 320-400 nm wahrnehmen, was ihm das Vierfarbensehen (= Tetrachromasie) ermöglicht. Die Fähigkeit, UV-Licht zu sehen, spielt für Vögel bei der Partnerwahl, der Futtersuche und der Orientierung eine Rolle (*Burkhardt* 1989, *Bennett und Cuthill* 1994, *Bennett et al.* 1996, *Burkhardt* 1996, *Bennett et al.* 1997, *Hunt et al.* 1999, *Cuthill et al.* 2000, *Pearn et al.* 2001, *Arnold et al.* 2002, *Mad-docks et al.* 2002b).

Während beim Menschen für die Wahrnehmung von „weissem Licht“ die Anregung der blau-, grün- und rotempfindlichen Zapfen Voraussetzung ist, müssen beim Wellensittich zusätzlich die UV-empfindlichen Zapfen erregt werden, damit für ihn der visuelle Eindruck ei-

nes „weissen Lichtes“ entsteht (*Finger und Burkhardt 1994, Burkhardt 1996*). Das Spektrum des natürlichen Tageslichtes beinhaltet alle Wellenlängen, im Lichtspektrum von handelsüblichen Leuchtstofflampen dagegen befindet sich lediglich ein verschwindend geringer Anteil an UV-Licht. Somit dürfte für einen Wellensittich der Farbeindruck seiner Umwelt unter einer herkömmlichen UV-freien Lampe verfälscht sein. Dies nahmen Lampenhersteller zum Anlass, eine Speziallampe für Vögel zu produzieren, die in ihrem Spektrum einen UV-Anteil aufweist. Diese UV-haltige „Bird Lamp“ wurde in der vorliegenden Studie mit einer herkömmlichen tageslichtweissen Leuchtstofflampe ohne UV-Anteil verglichen.

Die mit Hilfe eines Spektroradiometers vorgenommenen Messungen an den eingesetzten Leuchtstofflampen ergaben für die UV-haltige „Bird Lamp“ Folgendes: der Anteil an UVA-Strahlung (320-400 nm) betrug in Bezug auf das gesamte für Vögel sichtbare Lichtspektrum (320-780 nm) 7.84%. Für das natürliche Tageslicht lag der mit demselben Gerät ermittelte UVA-Anteil, wiederum bezogen auf das gesamte für Vögel sichtbare Lichtspektrum, bei 8.25%. Damit liegt der tatsächliche UVA-Anteil der „Bird Lamp“ geringfügig unterhalb des vom Hersteller angegebenen Wertes (12% UVA), aber die Relationen UVA-Strahlung : sichtbares Lichtspektrum entsprechen in etwa denen des natürlichen Sonnenlichtes.

Die Arbeitshypothese, Wellensittiche würden das Licht dieser Speziallampe, das hinsichtlich seines Spektrums dem natürlichen Tageslicht näher kommt als jenes konventioneller Leuchtstofflampen, bevorzugen, bestätigte sich nicht. Es stellte sich sogar das Gegenteil heraus: sowohl die normal- als auch die minderpigmentierten Wellensittiche hielten sich signifikant häufiger unter der UV-freien Beleuchtung auf (Differenz 6.22 bzw. 32.87 Prozentpunkte).

Für dieses überraschende Ergebnis sind mehrere Erklärungen denkbar. Zum einen könnte der Gewöhnungseffekt eine Rolle gespielt haben. Die Jungtiere wurden bis zu Versuchsbeginn unter UV-freien tageslichtweissen Leuchtstofflampen aufgezogen. Der Aufzuchttraum hatte zwar zusätzlich Fenster, durch die Tageslicht einfallen konnte, aber durch die Glasscheiben dürfte der Grossteil des UV-Lichtes aus dem Tageslicht herausgefiltert worden sein. Dies hatte möglicherweise zur Folge, dass sie die „verfälschten“ Farben als normal betrachteten und das UV-haltige Lichtspektrum als fremd empfanden und daher mieden.

Greenwood et al. (2002) wiesen allerdings in einer Untersuchung an Staren nach, dass diese unabhängig davon, ob sie unter natürlichem Tageslicht oder einer UV-freien künstlichen Beleuchtung aufgewachsen waren, eine UV-haltige Beleuchtung bevorzugten.

Zum anderen ist zu berücksichtigen, dass die tageslichtweissen Leuchtstofflampen ohne UV-Anteil mehr Licht abgaben als die UV-haltigen „Bird Lamps“ (vgl. Tab. 4). Somit ist dieser

Versuch möglicherweise lediglich eine Bestätigung der Ergebnisse des vorangegangenen Helligkeitsversuches, in dem sich die Vögel deutlich für die hellere Beleuchtung entschieden. Dies würde bedeuten, dass für Wellensittiche die Helligkeit gegenüber dem Spektrum die gewichtigere Einflussgrösse bei der Auswahl der Beleuchtung darstellt. Um solche Einflüsse auszuschliessen oder zumindest zu minimieren, hätte der Versuch mit Leuchtstofflampen durchgeführt werden müssen, die in ihrem Emissionsspektrum und ihrer Beleuchtungsstärke bis auf den UV-Anteil völlig identisch sind. Solche vergleichbaren Leuchtstofflampen sind im Handel aber nicht erhältlich und hätten durch Abkleben von UV-haltigen Leuchtstofflampen mit einer UV-undurchlässigen Filterfolie selbst hergestellt werden müssen. Doch auch dadurch wäre keine völlige Gleichheit erreicht worden, da die UV-abstrahlende Lampe in der Wahrnehmung der Wellensittiche heller gewesen wäre als diejenige, bei welcher der UV-Anteil herausgefiltert worden wäre. Da die vorliegende Arbeit aber einen praktischen Bezug haben soll, wurden für die Versuche handelsübliche Leuchtstofflampen gewählt und miteinander verglichen. Diese Vorgehensweise soll es ermöglichen, dass als Konsequenz aus den gewonnenen Erkenntnissen dem Tierhalter beim künftigen Kauf von Leuchtstofflampen konkrete Ratschläge für die Auswahl gegeben werden können.

Ein weiterer Grund für die Bevorzugung der UV-freien Beleuchtung könnte zumindest bei den minderpigmentierten Wellensittichen sein, dass sie aufgrund ihrer okulären Dismelanogenese und einer daraus resultierenden erhöhten Lichtempfindlichkeit das UV-haltige Licht gemieden haben. UV-Strahlung kann bei zu hoher Intensität bzw. bei vorliegender Sensibilität zu einer Reizung der Augen bis hin zu irreversiblen Schäden an Bindehaut, Hornhaut, Linse und Netzhaut führen. *Barnett und Laursen-Jones* (1976) stellten bei Broilerküken, die sie über 49 Tage hinweg einer UV-haltigen Beleuchtung aussetzten, das Auftreten von Veränderungen am Corneaepithel fest. In ihrem Versuch lag die UV-Strahlung durchschnittlich bei $10.45 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Die UV-Strahlung der in der vorliegenden Studie eingesetzten „Bird Lamps“ betrug pro Lampe in 118 cm Entfernung $4.8 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, und es wurden pro Voliere zwei Lampenreihen eingeschaltet. Somit lässt sich aufgrund der UV-Intensität der „Bird Lamps“ und der Beleuchtungsgeometrie eine maximale UV-Beleuchtungsstärke von ca. $9.6 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ abschätzen. Da die Wellensittiche in der vorliegenden Studie nur vor dem Einsetzen in die Volieren einer Augenuntersuchung unterzogen wurden, liegen keine Erkenntnisse vor, ob bei ihnen vielleicht ähnliche Hornhautveränderungen vorkamen. Allerdings betrug die UV-Intensität bei beiden Studien nur einen kleinen Bruchteil der natürlichen Exposition durch Tageslicht. Von daher stellt sich die Frage nach dem Schädigungsmechanismus durch die vergleichsweise schwache

künstliche UV-Bestrahlung bei den Untersuchungen von *Barnett und Laursen-Jones* (1976). Zur Klärung der Frage, ob UV-haltige Speziallampen tatsächlich einen schädigenden Einfluss auf das Vogelauge haben können, besteht also weiterer Forschungsbedarf.

Maddocks et al. (2002a) untersuchten, ob Stare zur Futteraufnahme eine UV-haltige Beleuchtung gegenüber einer UV-freien Beleuchtung bevorzugen. Jeder Vogel wurde einzeln getestet, und die Wahlversuche wurden im Abstand einer gewissen Zeitspanne mehrfach wiederholt. Zu Beginn zeigten die Stare eine signifikante Präferenz für die UV-haltige Beleuchtung, aber diese Präferenz nahm über die Versuche hinweg ab und war im letzten Versuchsdurchgang überhaupt nicht mehr vorhanden. *Maddocks et al.* (2002a) schlossen daraus, dass Vögel sich rasch an eine unvorteilhaft beleuchtete Umgebung gewöhnen. Offensichtlich scheint also die An- oder Abwesenheit von UV-Licht in der Beleuchtung für Vögel - zumindest unter bestimmten Lebensumständen - keine wesentliche Rolle zu spielen. Allerdings machen die Autoren die Einschränkung, dass anhand ihrer Untersuchung keine Aussagen hinsichtlich der Bedeutung von UV-Licht bei sozialen Interaktionen zwischen den Staren getroffen werden können. Die vorliegende Studie an den Wellensittichen bestätigt die Resultate von *Maddocks et al.* (2002a), denn auch die Wellensittiche zeigten keine Präferenz für die UV-haltige Beleuchtung.

Maddocks et al. (2002b) wiesen schon in einer Untersuchung an Staren und Blaumeisen (*Parus caeruleus*) nach, dass beide Arten keine Präferenz für eine UV-haltige Beleuchtung gegenüber einer UV-freien Beleuchtung zeigten, solange die Umgebung überhaupt keine Gegenstände oder lediglich Futter, Wasser und Sitzstangen enthielt. Bei beiden Arten konnten erst signifikante Präferenzen für die UV-haltige Beleuchtung beobachtet werden, wenn unter der Beleuchtung potentielle Partner zu sehen waren.

Zum gleichen Ergebnis kamen *Greenwood et al.* (2002), die eine ähnliche Untersuchung an Staren durchführten. Tiere, die einzeln in den Versuchsaufbau eingesetzt wurden, bevorzugten weder die UV-haltige noch die UV-freie Beleuchtung. Wurden sie dagegen in Gruppen getestet, konnte eine signifikante Präferenz für die UV-haltige Beleuchtung festgestellt werden. Dabei spielte es keine Rolle, ob sich die Gruppen aus gleichgeschlechtlichen Tieren oder Tieren unterschiedlichen Geschlechts zusammensetzten. Die biologische Bedeutung eines UV-Anteils in der Beleuchtung scheint also offensichtlich kontextabhängig zu sein.

Dies unterstreichen auch die Arbeiten von *Bennett et al.* (1996), *Bennett et al.* (1997), *Hunt et al.* (1999), *Cuthill et al.* (2000), *Pearn et al.* (2001) und *Maddocks et al.* (2002b). Sie konnten im Zusammenhang mit der Partnerwahl bei Wellensittichen und anderen Vögeln eine bedeu-

tende Rolle des UV-Lichtes nachweisen. In Abhängigkeit von einer UV-haltigen oder UV-freien Beleuchtung fiel die Bewertung männlicher Wellensittiche durch Wellensittichweibchen unterschiedlich aus (*Pearn et al.* 2001). Dies hängt mit der Tatsache zusammen, dass das Gefieder von vielen Vogelarten im für den Menschen unsichtbaren UV-Bereich reflektiert und teilweise auch fluoresziert (Abb. 42).

Diese Reflexionen spielen in der Vogelwelt bei der Auswahl eines potenziellen Partners offensichtlich eine wichtige Rolle. Dahingehende Untersuchungen wurden bei den Wellensittichen in der vorliegenden Studie aber nicht durchgeführt. Hier konnte lediglich für die Gruppe der normalpigmentierten Wellensittiche eine signifikante Erhöhung des Funktionskreises Sozialverhalten unter der UV-haltigen Beleuchtung festgestellt werden, wobei dieser Anstieg aber hauptsächlich auf vermehrte Lautäußerungen zurückzuführen ist und wegen des möglichen Zeiteffektes vorsichtig bewertet werden muss.



Abb. 42: Aufnahmen eines hellgrünen (wildfarbigen) Wellensittichs. Bestimmte Areale des im humanvisuellen Spektrum gelben Kopfgefieders (oben links) weisen unter UVA-Beleuchtung intensive Fluoreszenzen auf (oben rechts). Diese Partien erscheinen in UV-reflektografischen Aufnahmen dunkel (unten links). Intensive UV-Reflexionen finden sich hingegen im Bereich der blau-violetten Wangenflecken. Die Aufnahmen wurden von PD Dr. T. Bartels zur Verfügung gestellt.

Moinard und Sherwin (1999) dagegen beobachteten in einer Untersuchung an Truthähnen die Bevorzugung einer um das UV-Spektrum ergänzten Beleuchtung. Diese Präferenz war unabhängig davon, welche Art der Beleuchtung bei der Aufzucht verwendet worden war. Allerdings ist die Interpretation dieses Befundes schwierig, da man die relative Empfindlichkeit von Truthähnen gegenüber UV-Licht und den übrigen Wellenlängen nicht kennt. Es bleibt also offen, wie die Tiere diese um den UV-Anteil bereicherte künstliche Lichtquelle tatsächlich wahrnahmen und ob folglich die Vorliebe für dieselbe wirklich auf dem tageslichtähnlicheren Spektrum beruhte oder vielmehr durch die Erhöhung der gesamten Lichtintensität hervorgerufen wurde. Sollte die Präferenz für die UV-haltige Beleuchtung bei den Truthähnen tatsächlich im erweiterten Spektrum begründet gewesen sein, wäre das Ergebnis dieser Untersuchung gegenteilig zu dem der vorliegenden Studie, bei der die Versuchstiere keine Präferenz für die UV-haltige Beleuchtung aufwiesen. Geht man aber davon aus, dass die Truthähne in Wirklichkeit die hellere Lichtintensität, in diesem Fall entstanden durch den Zusatz von UV-Licht, bevorzugten, ginge dies konform mit den Ergebnissen der eigenen Studie. Denn im Helligkeitsversuch zeigten die Wellensittiche eine deutliche Präferenz für die höhere Lichtintensität, und im Wahlversuch mit der UV-freien und der UV-haltigen Beleuchtung entschieden sie sich für die zwar UV-freie, aber dafür ebenfalls etwas hellere Alternativbeleuchtung.

Die Vermutung, es handle sich bei der von Vögeln für eine UV-haltige Beleuchtung gezeigten Präferenz nicht in erster Linie um eine Bevorzugung des erweiterten Spektrums, sondern um eine Vorliebe für die höhere Beleuchtungshelligkeit, wird durch die Ergebnisse einer an Staren durchgeführten Untersuchung von *Greenwood et al.* (2002) bestärkt. In einem ersten Experiment bevorzugten die Stare eine UV-haltige gegenüber einer UV-freien Beleuchtung. Nachdem aber in einem zweiten Experiment der Lichtstrom der UV-haltigen und der UV-freien Beleuchtung mit Hilfe von Filtern bis auf 3% angeglichen worden war, konnte bei den Staren keine Präferenz mehr für die UV-haltige Beleuchtung nachgewiesen werden.

In Versuchen mit Haushühnern stellten *Maddocks et al.* (2001b) bei den Versuchstieren, die unter einer UV-haltigen Beleuchtung gehalten wurden, einen signifikant niedrigeren Plasma-corticosteronspiegel fest als bei denjenigen Tieren, die zum Vergleich unter einer UV-freien Beleuchtung lebten. Da bei der Beurteilung von Wohlbefinden ein hoher Plasmacorticosteronspiegel üblicherweise als physiologischer Indikator für Stress angesehen wird, schlossen die Autoren daraus, dass eine UV-haltige Beleuchtung eine stressreduzierende Wirkung auf Hühner hat. Zusätzlich ergaben sich aus den Verhaltensbeobachtungen Hinweise darauf, dass die Hühner unter den UV-haltigen Lampen vermehrt exploratives Verhalten und weniger Inaktivität zeigten. Vergleichbare Ergebnisse konnten in der vorliegenden Untersuchung bei den

Verhaltensbeobachtungen an den Wellensittichen nicht gewonnen werden: weder beim Lokomotionsverhalten noch beim Ruheverhalten ergaben sich unter den verschiedenen Lichtspektren signifikante Unterschiede. Messungen des Plasmacorticosteronspiegels wurden, wie schon zuvor in Kap. 4.4 erwähnt, bei den Wellensittichen nicht durchgeführt.

Wie aus den eigenen Verhaltensbeobachtungen hervorgeht, zeigten die Wellensittiche unter der UV-haltigen Beleuchtung signifikant seltener den Funktionskreis stoffwechselbedingtes Verhalten. Dies wurde massgeblich durch den starken Rückgang der beiden dominierenden Parameter „Bodenpicken“ und „Fressen“ verursacht. Diese Beobachtungen stehen im Gegensatz zur Behauptung des Lampenherstellers, eine UV-haltige Beleuchtung rege das Fressverhalten bei Vögeln an.

Da der Hersteller keinerlei Angaben zur Quelle macht, aus der er seine Informationen bezieht, lassen sich diesbezüglichen nur Vermutungen anstellen. So beschäftigen sich mehrere Veröffentlichungen (*Burkhardt* 1982, 1989, 1996) mit der UV-Tüchtigkeit des Vogelauges und der Entdeckung, dass verschiedene Blüten und Beeren UV-reflektierende Oberflächen besitzen und somit von Vögeln unter UV-haltiger Beleuchtung (gewöhnlich dem Tageslicht) anders wahrgenommen werden als unter einer UV-freien Beleuchtung. *Bennett und Cuthill* (1993) zitieren eine persönliche Mitteilung von *Juniper und Pacini*, wonach auch manche Samen eine UV-reflektierende Wachsschicht besitzen, und gemäss unveröffentlichten Ergebnissen von *Judson, Boggs und Bennett* soll sich die Entfernung dieser Wachsschicht auf die Menge der Samenaufnahme bei Vögeln auswirken. Ob das bei den Wellensittichen verwendete Vogelfutter unter UV-Licht reflektiert, ist nicht bekannt. Anhand der eigenen Ergebnisse kann die obenstehende Behauptung des Lampenherstellers jedenfalls nicht bestätigt werden; eine Verminderung der Futteraufnahme unter der UV-haltigen Beleuchtung kann allerdings auch nicht mit Sicherheit bewiesen werden. Für die endgültige Klärung der Frage, ob der Futterkonsum der Wellensittiche unter der UV-haltigen Beleuchtung wirklich reduziert war, wäre eine Registrierung des täglichen Futterverbrauchs notwendig gewesen. Die an den Wellensittichen erhobenen Gewichtsdaten geben hier keinen Aufschluss, da sie nur zu Beginn und nach Abschluss aller Versuche erfasst wurden. Ob und in welcher Form also ein Zusammenhang zwischen der Beleuchtung und der Futteraufnahme existiert, müsste erst noch geprüft werden.

Aus den Ergebnissen einer von *Church et al.* (2001) an Zebrafinken (*Taeniopygia guttata*) durchgeführten Studie lässt sich entnehmen, dass die An- oder Abwesenheit von UV-Licht in der Beleuchtung keine Auswirkungen auf die absolute Anzahl gefressener Hirsekörner hatte.

In zahlreichen in den letzten Jahren veröffentlichten Arbeiten wurde die UV-Tüchtigkeit des Vogelauges untersucht und die daraus resultierenden Konsequenzen diskutiert. Dabei wurde jedoch nie die Bedeutung des Sehens im UV-Wellenlängenbereich mit dem Sehen in den übrigen für das Vogelauge sichtbaren Wellenlängenbereichen verglichen. Arbeiten von *Church et al.* (2001), *Hunt et al.* (2001) und *Maddocks et al.* (2001a) zeigten, dass insbesondere die Entfernung der langen Wellenlängen aus dem für Vögel sichtbaren Lichtspektrum wesentlich stärkere Auswirkungen auf Partnerwahl und Futteraufnahme hatte als die Entfernung der Wellenlängen im UV-Bereich. Und gemäss Ergebnissen einer Untersuchung von *Emmerton und Remy* (1983) ist bei Haustauben (*Columbia livia* f. dom.) die Empfindlichkeit gegenüber UV-Licht im Vergleich zu den übrigen Bereichen des sichtbaren Lichtspektrums am schwächsten ausgeprägt.

Um die UV-haltigen „Bird Lamps“ abschliessend bewerten zu können, sollten noch einige Fragen geklärt werden, z.B. ihre Auswirkungen auf den Plasmacorticosteronspiegel, den Futterverbrauch und die Augengesundheit von Wellensittichen. Anhand der vorliegenden Resultate kann man festhalten, dass für Wellensittiche der UV-Anteil der Beleuchtung im Vergleich zur Helligkeit einen eher nachrangigen Faktor bei der Wahl der Beleuchtung darstellt.

4.7 Fazit für die Praxis

In der vorliegenden Studie zeigten sowohl normal- als auch minderpigmentierte Wellensittiche keine Abneigung gegenüber einer niederfrequenten 100 Hz-Beleuchtung. Die Beleuchtungshelligkeit betreffend kann festgestellt werden, dass Wellensittiche eine möglichst helle Umgebung bevorzugen. Das Vorhandensein eines UV-Anteils im Lichtspektrum scheint gemäss den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchung im Vergleich zur Helligkeit eine zweitrangige Bedeutung zu haben und für das Wohlbefinden von Wellensittichen nicht zwingende Voraussetzung zu sein. Insgesamt konnten für die normal- und die minderpigmentierten Wellensittiche keine prinzipiell unterschiedlichen Beleuchtungsbedürfnisse ermittelt werden.

4.8 Offene Fragen

Für eine abschliessende Bewertung UV-Licht emittierender Leuchtstofflampen besteht noch Klärungsbedarf hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Plasmacorticosteronspiegel, den Futterverbrauch und die Augengesundheit bei Vögeln. Zudem wären weitere Untersuchungen,

die sich mit den Auswirkungen einer niederfrequenten Beleuchtung auf den Plasmacorticosteronspiegel von Wellensittichen beschäftigen, wünschenswert.

5 Zusammenfassung

Wellensittiche sind derzeit weltweit die beliebtesten Ziervögel in der Heimtierhaltung. Häufig werden sie beim Züchter, auf Ausstellungen, in Zoofachgeschäften usw. unter Kunstlichtbedingungen, in der Regel Leuchtstofflampen, gehalten. Leuchtstofflampen sind hinsichtlich ihres Lichtspektrums und ihrer Frequenz auf die Bedürfnisse des Menschen ausgerichtet. Da das Vogelauge ein in das UV-Spektrum erweitertes Farbsehen und eine wesentlich höhere Flimmerverschmelzungsfrequenz-Schwelle als das menschliche Auge aufweist, sind herkömmliche Leuchtstofflampen für die Ziervogelhaltung unter Umständen nicht optimal geeignet. Hinzu kommt, dass minderpigmentierte Wellensittiche durch ihre okuläre Dismelanogenese und die damit verbundene erhöhte Lichtempfindlichkeit eventuell besondere Ansprüche an eine artgerechte künstliche Beleuchtung stellen. Da das Auge beim Vogel das wichtigste Sinnesorgan darstellt, sollten für das Wohlbefinden der Vögel bestmögliche Beleuchtungsbedingungen geschaffen werden.

In der vorliegenden Studie wurden die Präferenzen für bestimmte Beleuchtungsformen nacheinander an einer Gruppe von zehn normalpigmentierten Wellensittichen und an einer Gruppe von zehn minderpigmentierten Wellensittichen in Form von Präferenztests untersucht. In drei Wahlversuchen konnten die Wellensittiche zwischen einer niederfrequenten 100 Hz-Beleuchtung und einer hochfrequenten 42 kHz-Beleuchtung, zwei verschiedenen Lichtintensitäten (464.4 lx und 937.8 lx) sowie zwischen einer UV-freien und einer UV-haltigen Beleuchtung wählen. Zusätzlich wurden unter den verschiedenen Beleuchtungsformen jeweils zweiwöchige Verhaltensbeobachtungen an den Wellensittichen durchgeführt.

Im Wahlversuch mit 100 Hz-Beleuchtung versus 42 kHz-Beleuchtung bevorzugten die normalpigmentierten Wellensittiche die 42 kHz-Beleuchtung, während die minderpigmentierten Wellensittiche die 100 Hz-Beleuchtung vorzogen. Bei beiden Gruppen waren die Präferenzen aber so minimal, dass sie nicht aussagekräftig sind. Im Helligkeitsversuch bevorzugten sowohl normal- als auch minderpigmentierte Wellensittiche, besonders deutlich aber die Gruppe der minderpigmentierten Wellensittiche, die hellere Beleuchtung. Folglich dürfte die Beleuchtungsintensität für Wellensittiche durchaus von Bedeutung sein. Beim Vergleich einer UV-freien mit einer UV-haltigen Beleuchtung zeigten beide Gruppen eine Präferenz für die UV-freie Beleuchtung, wobei aber wiederum nur der Präferenz der minderpigmentierten Wellensittiche wegen der klaren Ausprägung eine Bedeutung beigemessen werden kann.

Aus den Verhaltensbeobachtungen ergaben sich für einige Verhaltens-Funktionskreise signifikante Unterschiede unter den verschiedenen Beleuchtungsformen. Diese Unterschiede waren für beide Wellensittichgruppen uneinheitlich. Die Interpretation der Resultate aus den Verhaltensbeobachtungen ist aber wegen der starken Beeinflussung der meisten Verhaltensweisen durch den Faktor Zeit (Gewöhnung, Weiterentwicklung der Individuen usw.) problematisch. Zudem ist es schwierig, aus den beobachteten Verhaltensänderungen Rückschlüsse auf die Befindlichkeit der Wellensittiche zu ziehen. Die nachfolgenden Aussagen zur Beleuchtungspräferenz der Wellensittiche stützen sich daher hauptsächlich auf die Bewertung der Ergebnisse aus den Präferenztests.

Durch die Resultate der Wahlversuche konnte die Annahme, dass Wellensittiche gegen das niederfrequente Flackern einer mit einem herkömmlichen Vorschaltgerät ausgestatteten Leuchtstofflampe eine Abneigung haben, nicht bestätigt werden. In Hinsicht auf die Beleuchtungshelligkeit lässt sich folgende Aussage machen: sowohl die normal- als auch die minderpigmentierten Wellensittiche bevorzugten das höhere Lichtangebot. Die Behauptung, eine UV-haltige Beleuchtung sei wesentliche Voraussetzung für das Wohlbefinden von Vögeln, liess sich nicht bestätigen. Um aber letztlich eine Empfehlung für oder gegen UV-haltige Speziallampen für Vögel geben zu können, muss weiterführende Forschungsarbeit geleistet werden, die sich gezielt mit den verschiedenen Auswirkungen UV-emittierender Lichtquellen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden von Ziervögeln beschäftigt. Minderpigmentierte Wellensittiche scheinen im Wesentlichen trotz okulärer Dysmelanogenese keine von ihren normalpigmentierten Artgenossen abweichenden Beleuchtungsbedürfnisse zu haben.

6 Literatur

Arnold K.E., Owens I.P. und Marshall N.J. (2002):

Fluorescent signaling in parrots.

Science 295: 92

Barnett K.C. und Laursen-Jones A.P. (1976):

The effect of continuous ultraviolet irradiation on broiler chickens.

British Poultry Science 17: 175-177

Bartsch C., Pagel T. und Steinigeweg W. (2000):

Mindestanforderungen für die Haltung von Augenbrauenhäherling (*Garrulax canorus*), Silberohrsonnenvogel (*Leiothrix argentauris*), Sonnenvogel (*Leiothrix lutea*) und Beo (*Gracula religiosa*).

Gutachten durch eine Sachverständigengruppe im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz.

Bennett A.T.D. und Cuthill I.C. (1994):

Ultraviolet vision in birds: What is its function?

Vision Research 34: 1471-1478

Bennett A.T.D., Cuthill I.C., Partridge J.C., und Lunau K. (1997):

Ultraviolet plumage colors predict mate preferences in starlings.

Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94: 8618-8621

Bennett A.T.D., Cuthill I.C., Partridge J.C. und Maier E.J. (1996):

Ultraviolet vision and mate choice in zebra finches.

Nature 380: 433-435

Boshouwers F.M.G. und Nicaise E. (1992):

Responses of broiler chickens to high-frequency and low-frequency fluorescent light.

British Poultry Science 33: 711-717

Bowmaker J.K., Heath L. A., Wilkie S.E. und Hunt D.M. (1997):

Visual pigments and oil droplets from six classes of photoreceptor in the retinas of birds.

Vision Research 37: 2183-2194

Burkhardt D. (1982):

Birds, Berries and UV.

A note on some consequences of UV vision in birds.

Naturwissenschaften 69: 153-157

Burkhardt D. (1989):

UV vision: A bird's view of feathers.

Journal of Comparative Physiology A 164: 787-796

Burkhardt D. (1996):

Die Ultraviolett-Tüchtigkeit des Vogelauges und einige Konsequenzen.

Naturwissenschaften 83: 492-497

Bundesamt für Veterinärwesen (1999):

CITES Fauna: Einfuhrgesuche/Haltungsnormen für nach Anhang I geschützte Arten
820.105.15 (5).

Empfehlungen der Fachkommission Artenschutz für die Haltung von Vögeln in Zuchtgruppen
unter Zoobedingungen.

Bern, www.bvet.admin.ch Artenschutz

Church S.C., Merrison A.S.L. und Chamberlain T.M.M. (2001):

Avian ultraviolet vision and frequency-dependent seed preferences.

The Journal of Experimental Biology 204: 2491-2498

Cuthill I.C., Partridge J.C. und Bennett A.T.D (2000):

Avian UV vision and sexual selection. In

Espmark Y., Amundsen T. und Rosenqvist G. [Eds.]:

Animal signals: Signalling and signal design in animal communication.

Tapir Academic Press, Trondheim: 61-82

Davis N.J., Prescott N.B., Savory C.J. und Wathes C.M. (1999):

Preferences of growing fowls for different light intensities in relation to age, strain and behaviour.

Animal Welfare 8: 193-203

Dawkins M.S. (1982):

Was Tiere wählen. In

Leiden und Wohlbefinden bei Tieren.

Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart (Hohenheim): 76-87

Denbow D.M., Leighton A.T. und Hulet R.M. (1990):

Effect of light sources and light intensity on growth, performance and behaviour of female turkeys.

British Poultry Science 31: 439-443

Dodt E. und Wirth A. (1953):

Differentiation between rods and cones by flicker electroretinographie in pigeon and guinea pig.

Acta Physiologica Scandinavica 30: 80-89

Duncan I.J.H. (1977):

The interpretation of preference tests in animal behaviour. (Letter to the Editor).

Applied Animal Ethology 4: 197-200

Emmerton J. und Remy M. (1983):

The pigeon's sensitivity to ultraviolet and "visible" light.

Experientia 39:1161-1163

Finger E. und Burkhardt D. (1994):

Biological aspects of bird colouration and avian colour vision including ultraviolet range.

Vision Research 34: 1509-1514

- Ginsburg N. und Nilsson V. (1971):*
Measuring flicker thresholds in the budgerigar.
Journal of the Experimental Analysis of Behaviour 15: 189-192
- Greenwood V.J., Smith E.L., Cuthill I.C., Bennett A.T.D., Goldsmith A.R. und Griffiths R. (2002):*
Do European starlings prefer light environments containing UV?
Animal Behaviour 64: 923-928
- Hart N.S., Partridge J.C. und Cuthill I.C. (1998):*
Visual pigments, oil droplets and cone photoreceptor distribution in the European starling (*Sturnus vulgaris*).
The Journal of Experimental Biology 201: 1433-1446
- Hartmann E. und Buser A. (1991):*
Einflüsse der Beleuchtung mit Leuchtstofflampen am Arbeitsplatz.
Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb 624
Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
- Hunt S., Cuthill I.C., Bennett A.T.D. und Griffiths R. (1999):*
Preferences for ultraviolet partners in the blue tit.
Animal Behaviour 58: 809-815
- Isenbügel E. und Lerch-Leemann C. (1999):*
Vögel als Heimtiere.
Informationsbroschüre des Schweizer Tierschutz STS 1. Auflage, Basel
- Landis C. (1954):*
Determinants of the critical flicker fusion threshold.
Physiological Reviews 34: 259-286
- Lewis P.D. und Morris T.R. (2000):*
Poultry and coloured light.
Worlds Poultry Science Journal 56: 189-207
- Maddocks S.A., Bennett A.T.D. und Cuthill I.C. (2002a):*
Rapid behavioural adjustments to unfavourable light conditions in European starlings (*Sturnus vulgaris*).
Animal Welfare 11: 95-101
- Maddocks S.A., Bennett A.T.D., Hunt S. und Cuthill I.C. (2002b):*
Context-dependent visual preferences in starlings and blue tits:
Mate choice and light environment.
Animal Behaviour 63: 69-75
- Maddocks S.A., Church S.C. und Cuthill I.C. (2001a):*
The effects of the light environment on prey choice by zebra finches.
The Journal of Experimental Biology 204: 2509-2515

- Maddocks S.A., Cuthill I.C., Goldsmith A.R. und Sherwin C.M. (2001b):*
Behavioural and physiological effects of absence of ultraviolet wavelengths for domestic chicks.
Animal Behaviour 62: 1013-1019
- Maddocks S.A., Goldsmith A.R. und Cuthill I.C. (2001c):*
The influence of flicker rate on plasma corticosterone levels of European starlings (*Sturnus vulgaris*).
General and Comparative Endocrinology 124: 315-320
- Maier E.J. (1994):*
Ultraviolet vision in a passeriform bird: From receptor spectral sensitivity to overall spectral sensitivity in *Leiothrix lutea*.
Vision Research 34: 1415-1418
- Manser C.E. (1996):*
Effects of lighting on the welfare of domestic poultry: A review.
Animal Welfare 5: 341-360
- Martin P. und Bateson P. (1993):*
Recording methods. In
Measuring Behaviour. An introductory guide.
Cambridge University Press, Cambridge: 84-100
- Michaelis H.-J. (1967):*
Der Wellensittich.
Ziensen, Wittenberg
- Moinard C., Lewis P.D., Perry G.C. und Sherwin C.M. (2001):*
The effects of light intensity and light source on injuries due to pecking of male domestic turkeys (*Meleagris gallopavo*).
Animal Welfare 10: 131-139
- Moinard C. und Sherwin C.M. (1999):*
Turkeys prefer fluorescent light with supplementary ultraviolet radiation.
Applied Animal Behaviour Science 64: 261-267
- Newberry R.C., Hunt J.R. und Gardiner E.E. (1988):*
Influence of light intensity on behavior and performance of broiler chickens.
Poultry Science 67: 1020-1025
- Nuboer J.F.W., Coemans M.A.J.M. und Vos J.J. (1992):*
Artificial lighting in poultry houses: Do hens perceive the modulation of fluorescent lamps as flicker?
British Poultry Science 33: 123-133
- Pearn S.M., Bennett A.T.D. und Cuthill I.C. (2001):*
Ultraviolet vision, fluorescence and mate choice in a parrot, the budgerigar *Melopsittacus undulatus*.
Proceedings of the Royal Society of London B 268: 2273-2279

- Powell R.W. (1967):*
The pulse-to-cycle fraction as a determinant of critical fusion in the pigeon.
Psychology Records 17: 151-160
- Prescott N.B. und Wathes C.M. (1999):*
Spectral sensitivity of the domestic fowl (*Gallus gallus* f. dom.).
British Poultry Science 40: 332-339
- Schmidtke H. [Hrsg.] (1981):*
Lehrbuch der Ergonomie.
Carl Hanser Verlag, München, Wien
- Schodde R. und Tidemann S.C. [Hrsg.] (1997):*
Complete Book of Australian Birds.
Reader's Digest, Sidney
- Schöne R. und Arnold P. (1980):*
Der Wellensittich. Heimtier und Patient.
Enke, Stuttgart
- Scoble J. (1986):*
The Complete Book of Budgerigars.
Blandford Press, Dorset
- Sherwin C.M. (1998):*
Light intensity preferences of domestic male turkeys.
Applied Animal Behaviour Science 58: 121-130
- Sherwin C.M. (1999):*
Domestic turkeys are not averse to compact fluorescent lighting.
Applied Animal Behaviour Science 64: 47-55
- Smith E.L., Greenwood V.J. und Bennett A.T.D. (2002):*
Ultraviolet colour perception in European starlings and Japanese quail.
Journal of Experimental Biology 205: 3299-3306
- Szölgyényi W., Korbel R..T und Huemer K.-H. (2000):*
Wie Hühner sehen – Schlussfolgerungen für eine artgemässe Hühnerhaltung.
Tierschutz im Stall, 7. Freiland-Tagung 2000
Freiland Verband, Wien: 22-26
- Vereinigung für Artenschutz, Vogelhaltung und Vogelzucht (1999):*
AZ-DWV-DKB-VZE-Wellensittichstandard
Geschäftstelle Backnang
- Vins T. (1993):*
Das Wellensittichbuch. Leitfaden für Schauwellensittich-Züchter.
M.& H. Schaper, Alfeld (Leine)

Vorobyev M., Osorio D., Bennett A.T.D., Marshall N.J. und Cuthill I.C. (1998):
Tetracromacy, oil droplets and bird plumage colours.
Journal of Comparative Physiology A 183: 621-633

Widowski T.M. und Duncan I.J.H. (1996):
Laying hens do not have a preference for high-frequency versus low-frequency compact fluorescent light sources.
Canadian Journal of Animal Science 76: 177-181

Wilken H. (1998):
Mikroskopisch-anatomische Untersuchungen an den Augen „albinotischer“ und normalpigmentierter Farbschläge des Wellensittichs (*Melopsittacus undulatus* f. dom.).
Diss. med. vet. Hannover

Wilken H., Boos A. und Bartels T. (1999):
Albinismus bei Wellensittichen (*Melopsittacus undulatus*) – ein Fall für den Tierschutz?
23. Kongress der Deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft 1999
Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft, Giessen: 440-445

Wilken H., Ziemann M., Bartels T., Boos A. und Löhmer R. (1998):
Ino-Wellensittiche – Zuchtideal oder „Qualzucht“?
AZ-Nachrichten 45: 801-806

Wilkie S.E., Vissers P.M.A.M., Das D., DeGrip W.J., Bowmaker J.K. und Hunt D.M. (1998):
The molecular basis for UV vision in birds: spectral characteristics, cDNA sequence and retinal localization of the UV-sensitive visual pigment of the budgerigar (*Melopsittacus undulatus*).
Biochemistry Journal 330: 541-547

Zinke A., Rane R., Bartels T., Tenhündfeld J. und Kummerfeld N. (2002):
Über Circovirusinfektionen der Wellensittiche – Fallbeispiele einer komplexen Erkrankung.
Kleintierpraxis 47: 541-548

7 Anhang

7.1	Gewichtsdaten.....	86
7.2	Verhalten.....	87
7.2.1	Einfluss der Beleuchtung auf das Verhalten.....	87
7.2.2	Vergleich der einzelnen Verhaltensweisen.....	98
7.3	Protokollblatt Aufenthalt	107
7.4	Protokollblatt Verhalten.....	107

7.1 Gewichtsdaten

Tab. 23: Gewichtsdaten normalpigmentierte Wellensittiche

Nr.	Farbschlag*	Geschlecht	Ringnummer	Gewicht	
				08.04.2002	26.08.2002
1	hellblau opalin	weiblich	278-01-5	50.58g	49.48g
2	dunkelgrün spangle heterozygot	männlich	278-01-17	43.50g	39.89g
3	dunkelblau spangle heterozygot	weiblich	278-01-23	43.54g	47.91g
4	violett Schecke	weiblich	278-01-22	39.93g	46.25g
5	dunkelgrün	weiblich	278-01-6	42.46g	42.23g
6	graugrün opalin spangle	weiblich	278-01-14	32.38g	35.19g
7	graugrün	weiblich	278-01-9	47.27g	47.53g
8	hellgrün	weiblich	278-01-19	43.80g	46.83g
9	blaues Gelbgesicht	männlich	278-01-18	34.80g	37.64g
10	weissblaues Schwarzauge	weiblich	278-01-26	39.22g	43.80g

*Bezeichnungen der Farbschläge nach AZ-DWV-DKB-VZE-Wellensittichstandard (1999)

Tab. 24: Gewichtsdaten minderpigmentierte Wellensittiche

Nr.	Farbschlag*	Geschlecht	Ringnummer	Gewicht	
				26.08.2002	08.01.2003
1	Albino Gelbgesicht	weiblich	278-01-61	36.82g	39.47g
2	Albino Gelbgesicht	weiblich	278-01-10	54.04g	45.66g
3	Albino Gelbgesicht	weiblich	278-01-21	35.59g	36.23g
4	Albino Gelbgesicht	weiblich	278-01-1	57.59g	54.66g
5	Albino Gelbgesicht	männlich	278-01-16	52.36g	45.39g
6	Lacewing weiss Gelbgesicht	weiblich	278-01-33	49.48g	44.17g
7†	Lacewing gelb	weiblich	278-01-25	54.95g	52.56g
8	Lacewing gelb	weiblich	278-01-27	54.74g	41.41g
9	Lacewing gelb	weiblich	278-01-44	46.24g	44.58g
10	Lutino	männlich	278-01-62	45.30g	46.10g

*Bezeichnungen der Farbschläge nach AZ-DWV-DKB-VZE-Wellensittichstandard (1999)

7.2 Verhalten

7.2.1 Einfluss der Beleuchtung auf das Verhalten

In den Abb. 43-62 ist für jeden Wellensittich die Anzahl derjenigen Beobachtungsintervalle aufgetragen, in denen eine bestimmte Verhaltensweise mindestens ein Mal gezeigt wurde (= Häufigkeit). Pro Wellensittich und Testbeleuchtung gab es 600 Beobachtungsintervalle von zusammen 2.5 Stunden Dauer. Da ein Wellensittich innerhalb eines Beobachtungsintervalls mehr als eine Verhaltensweise zeigen konnte, beträgt in jeder Grafik die Summe aller Verhaltensweisen pro Beleuchtungsbedingung mindestens 600 oder mehr. Für die vergleichende Betrachtung sei daran erinnert, dass für die „100 Hz-Beleuchtung“ und die „doppelte Helligkeit“ die „Referenzbeleuchtung“ die Bezugsgrösse darstellt, während die Werte der „UV-haltigen Beleuchtung“ mit den Werten der „doppelten Helligkeit“ verglichen werden.

Einfluss der Beleuchtung auf das Verhalten von normalpigmentierten Wellensittichen (Individualbetrachtung)

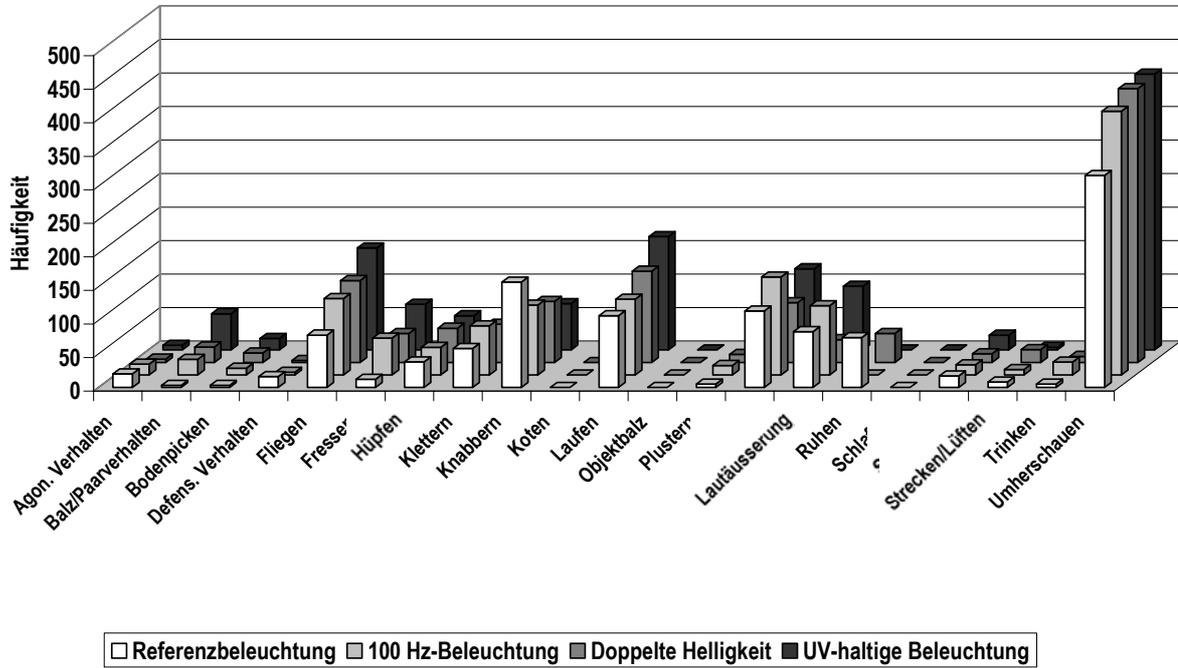


Abb. 43: Wellensittich 278-01-5.

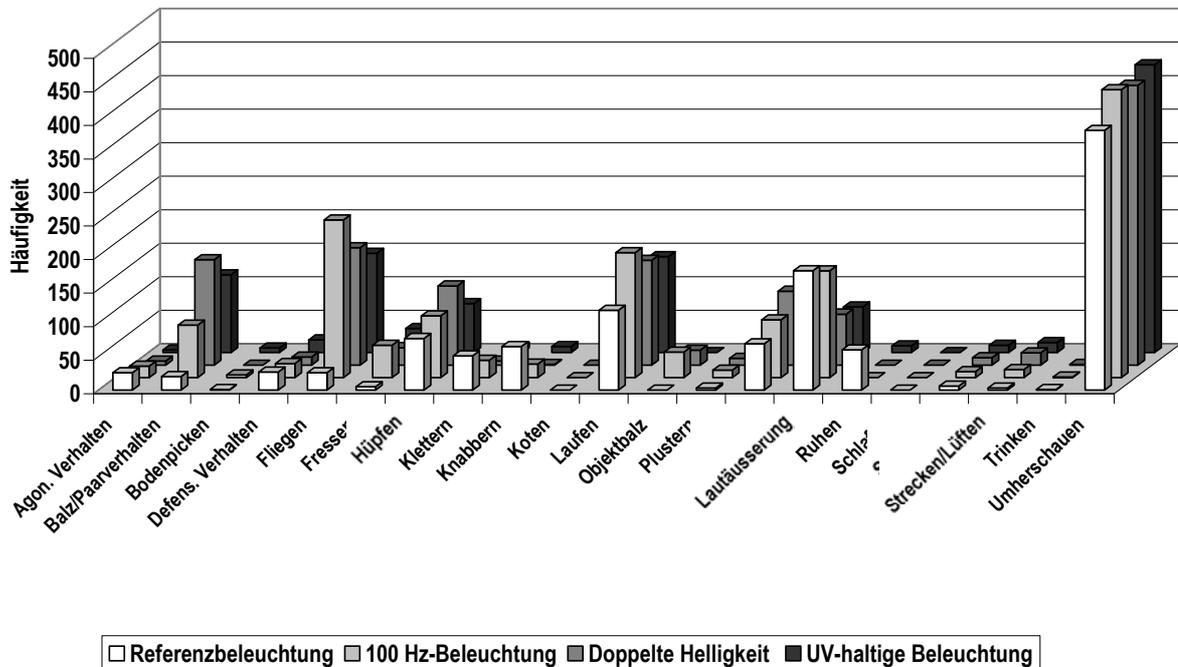


Abb. 44: Wellensittich 278-01-17.

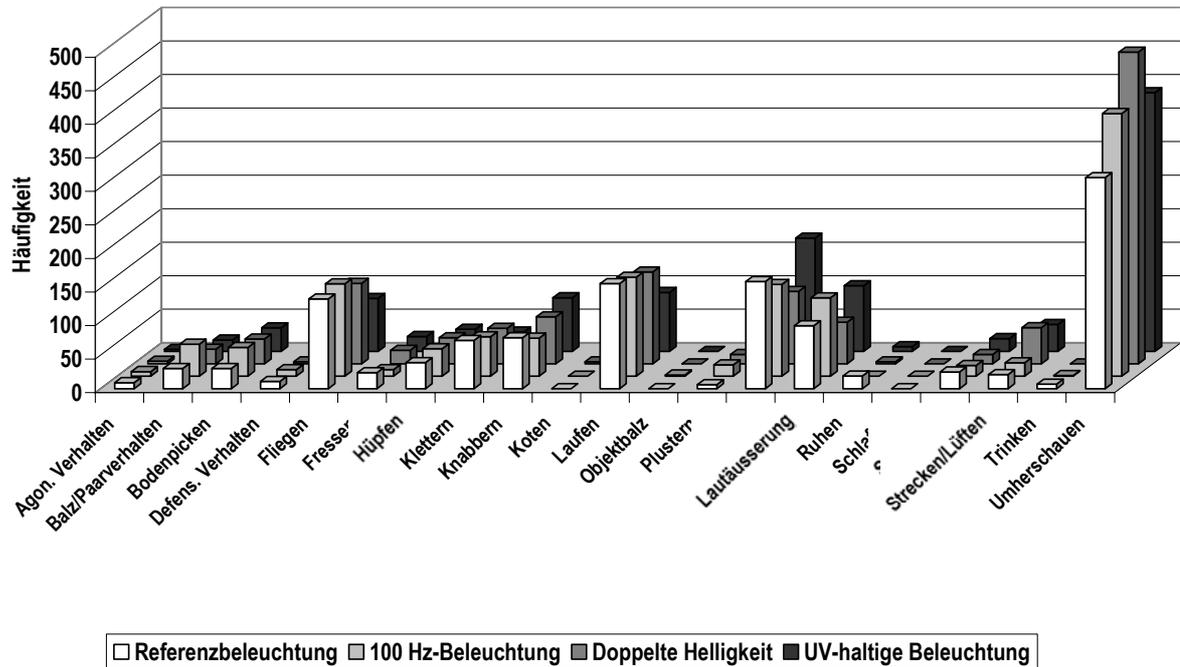


Abb. 45: Wellensittich 278-01-23.

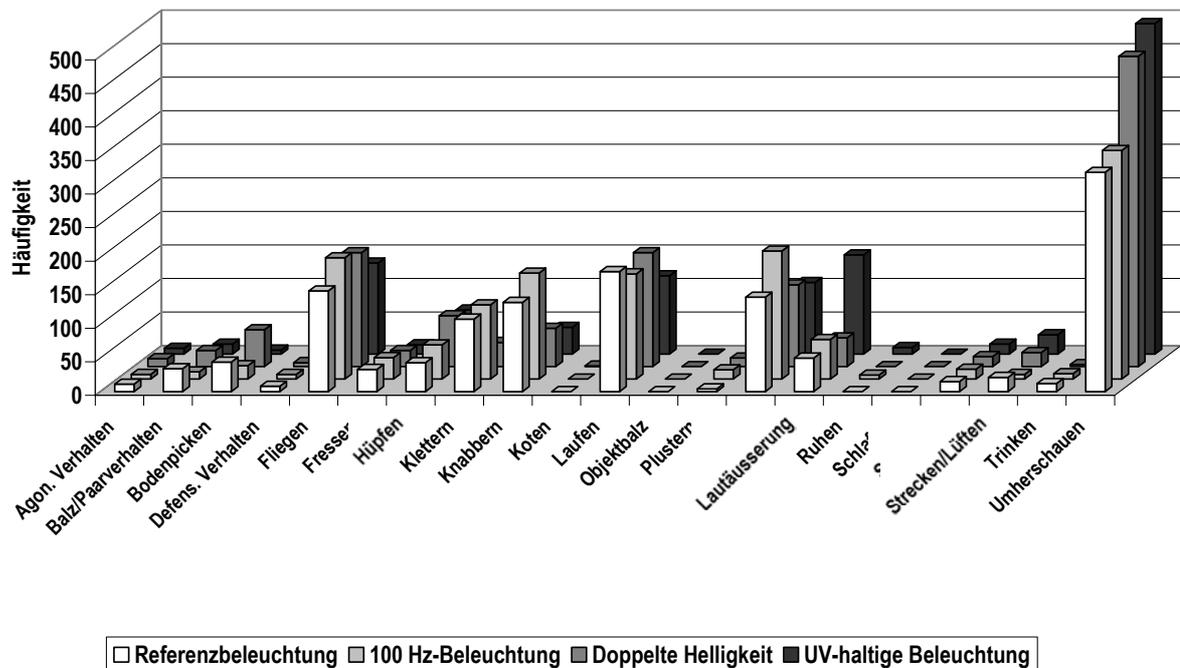


Abb. 46: Wellensittich 278-01-22.

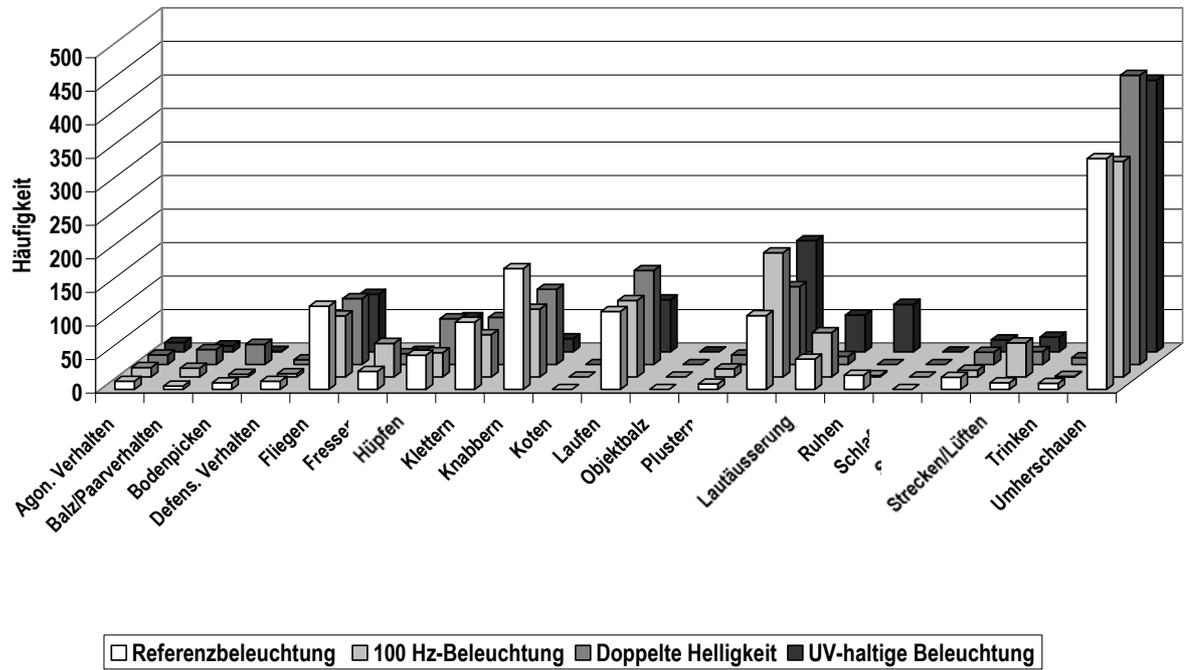


Abb. 47: Wellensittich 278-01-6.

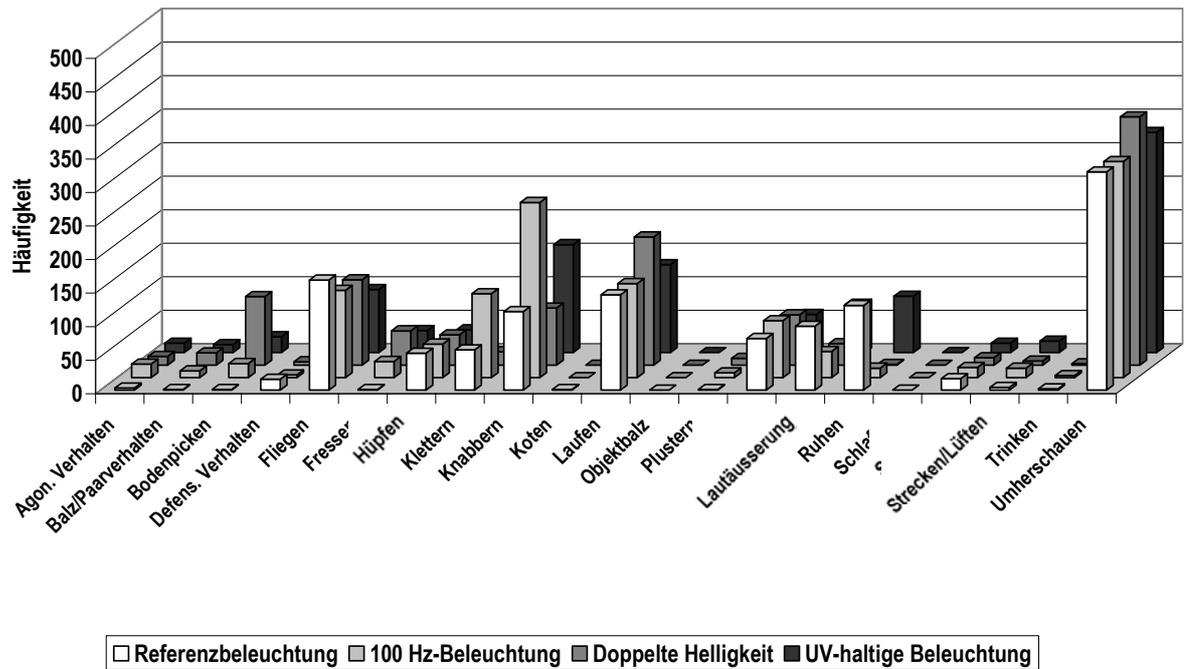


Abb. 48: Wellensittich 278-01-14.

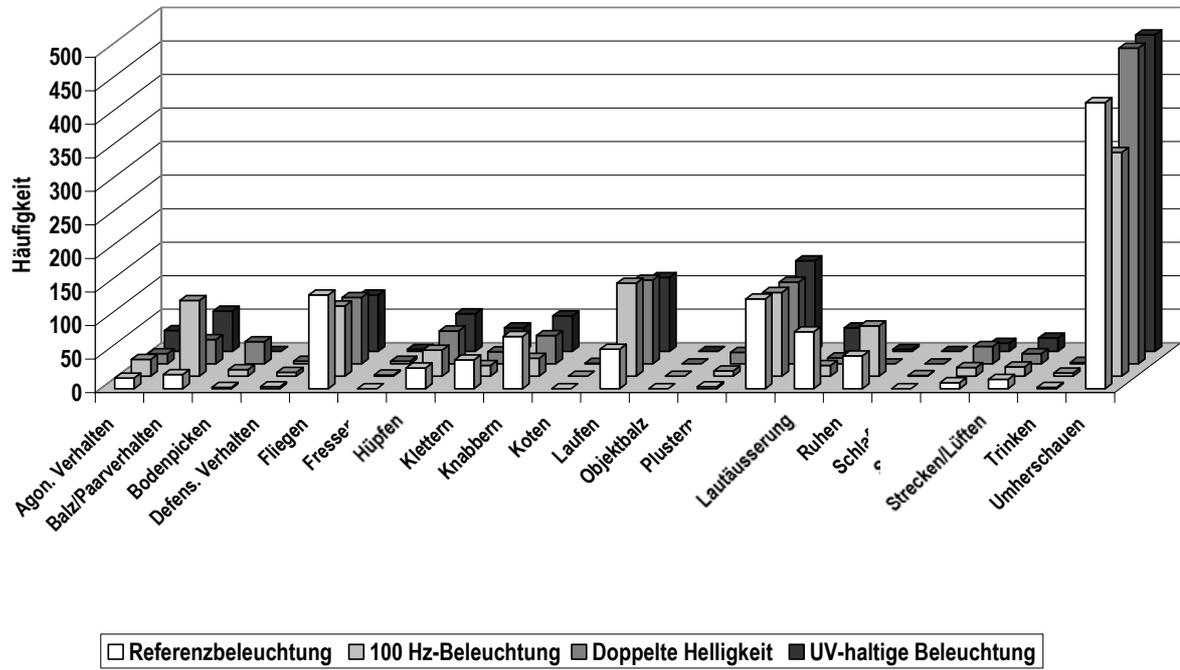


Abb. 49: Wellensittich 278-01-9.

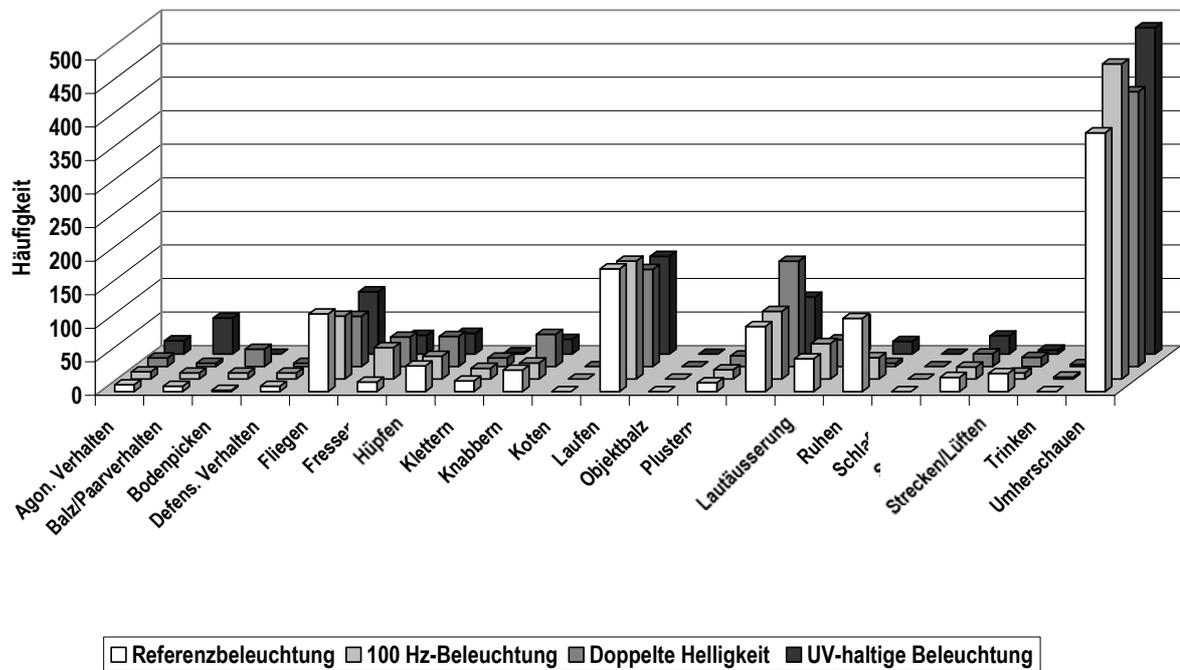


Abb. 50: Wellensittich 278-01-19.

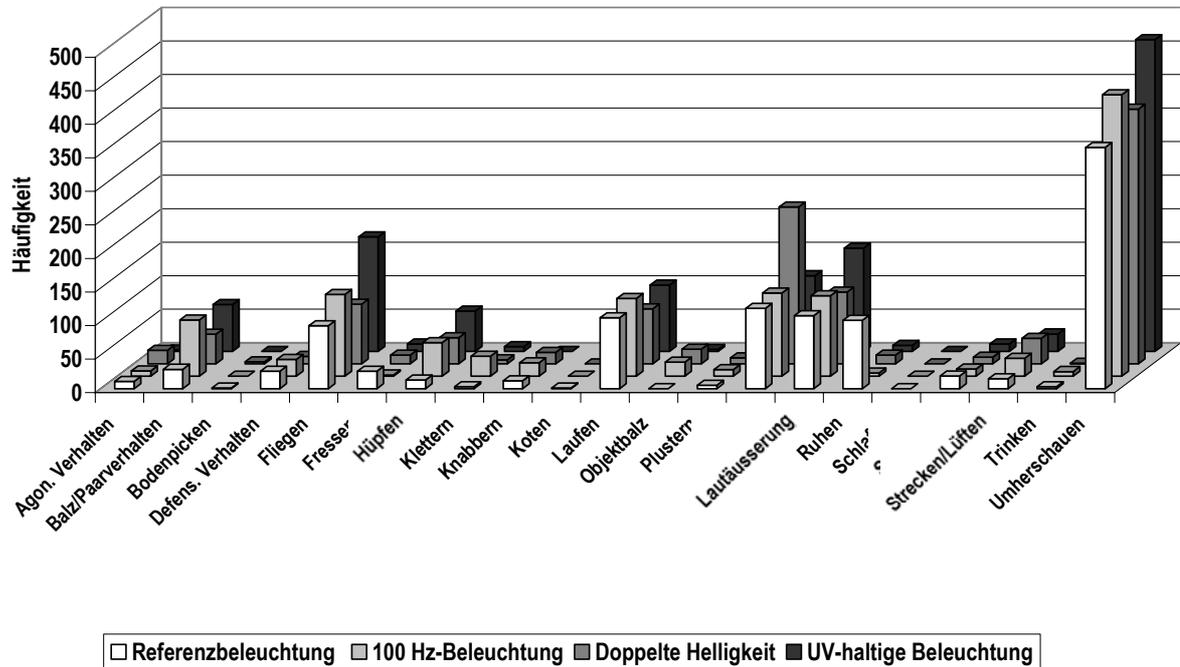


Abb. 51: Wellensittich 278-01-18.

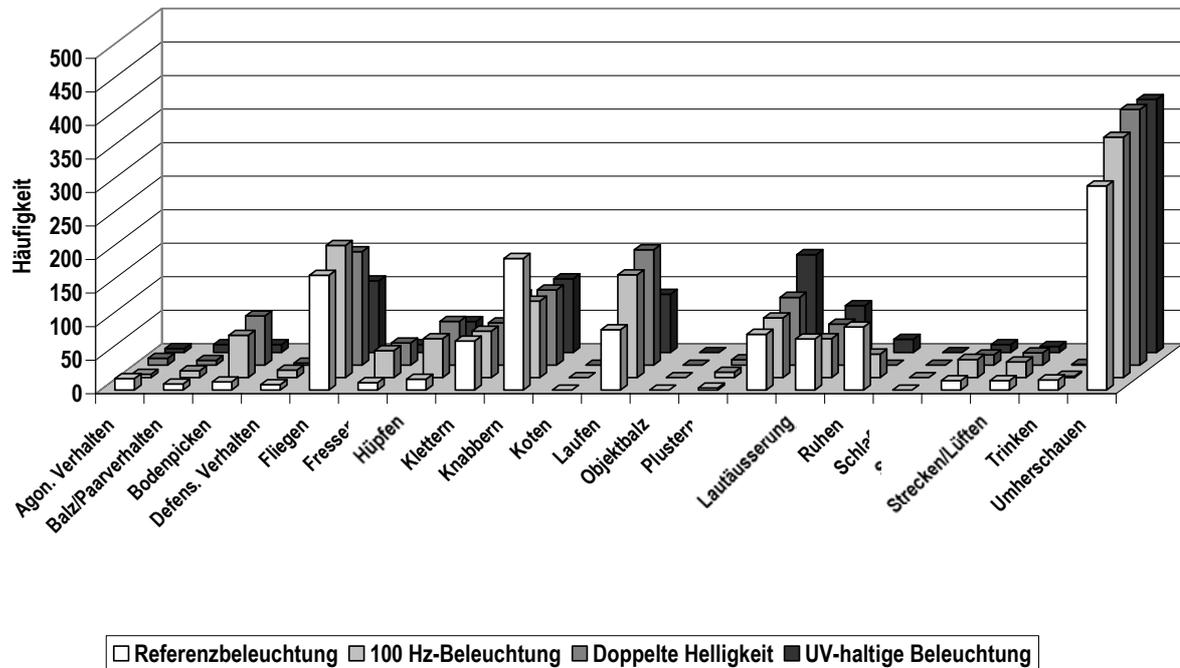


Abb. 52: Wellensittich 278-01-26.

Einfluss der Beleuchtung auf das Verhalten von minderpigmentierten Wellensittichen (Individualbetrachtung)

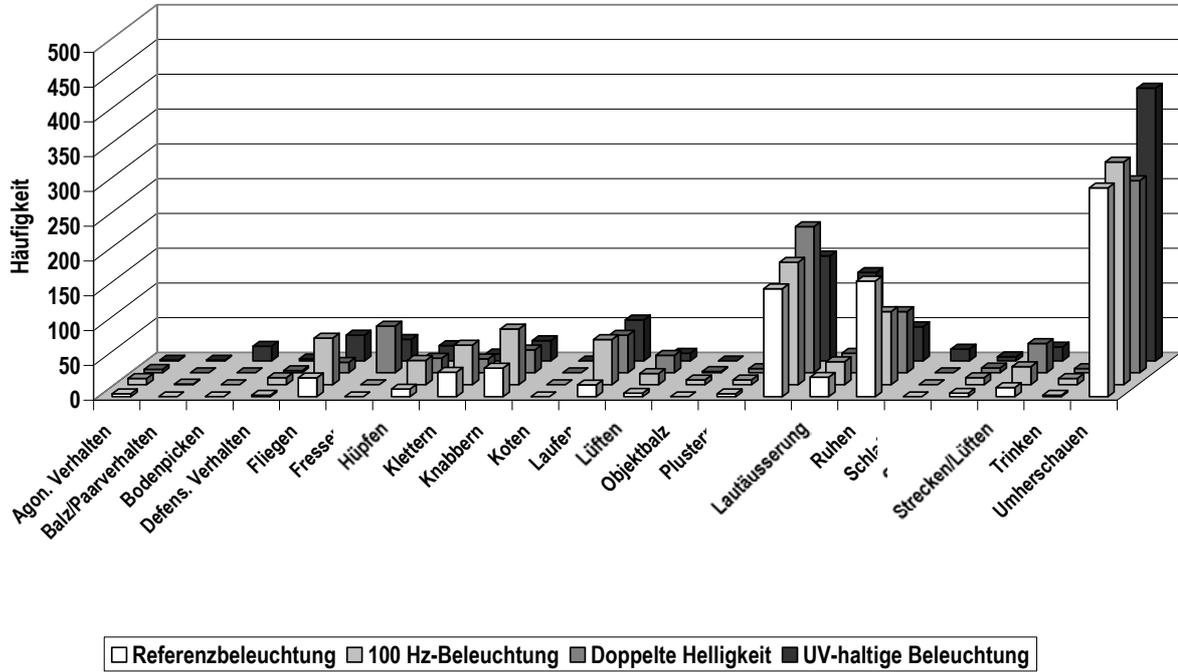


Abb. 53: Wellensittich 278-01-61.

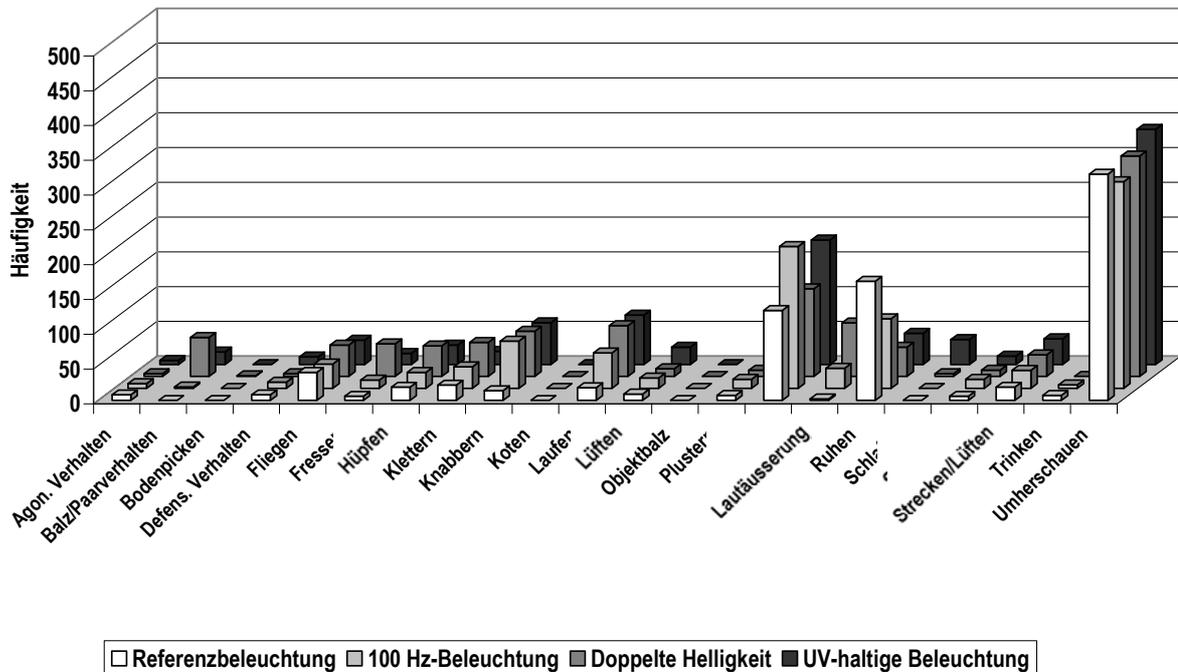


Abb. 54: Wellensittich 278-01-10.

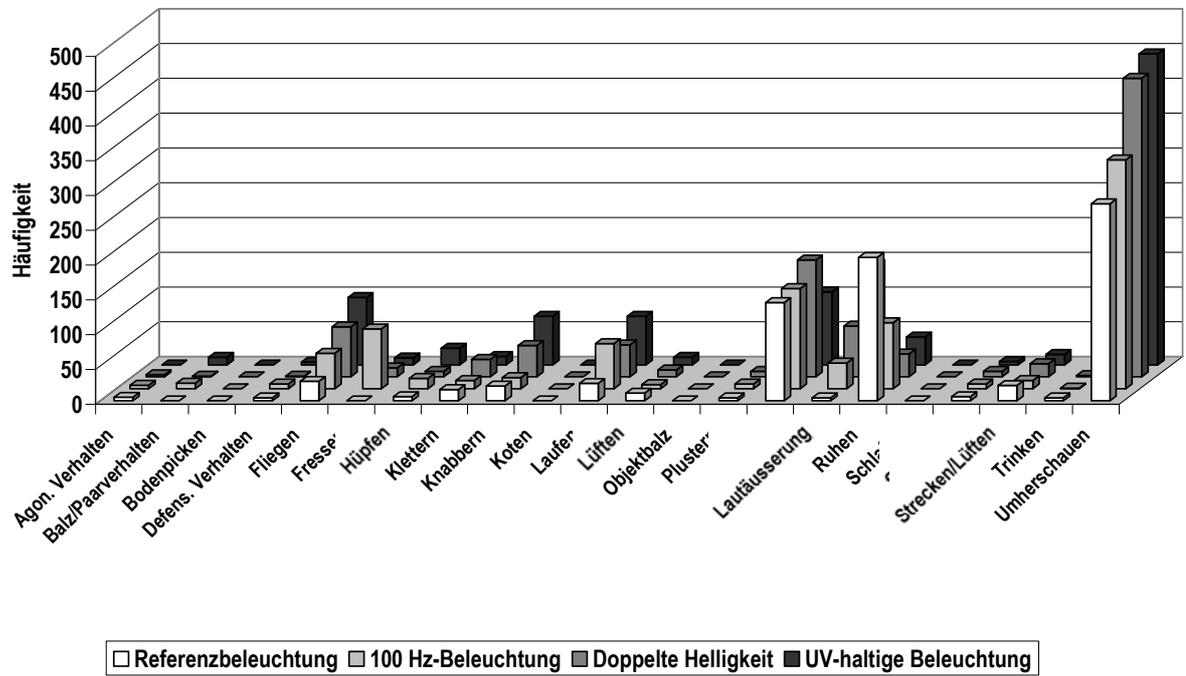


Abb. 55: Wellensittich 278-01-21.

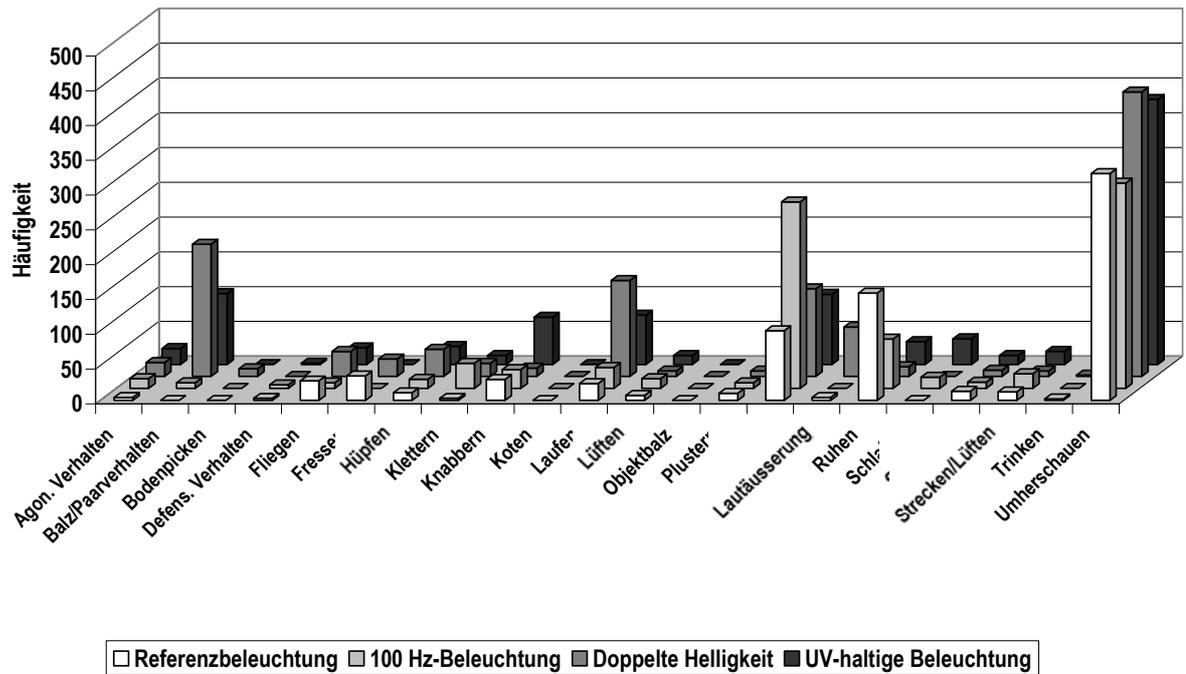


Abb. 56: Wellensittich 278-01-1.

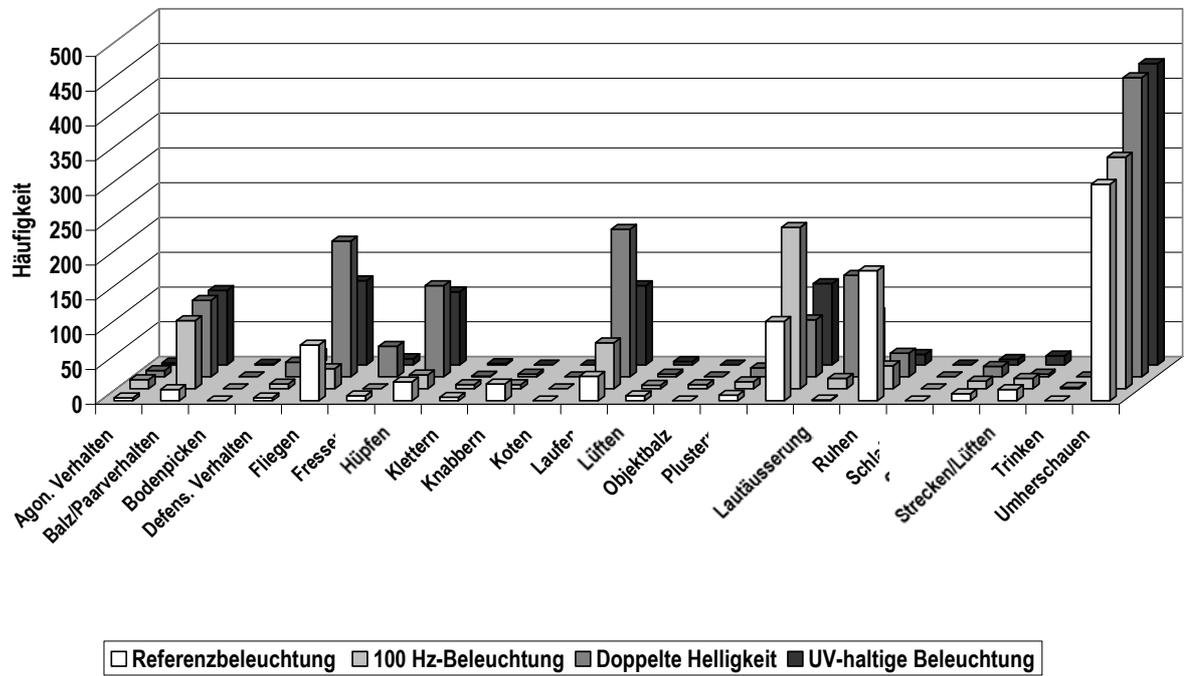


Abb. 57: Wellensittich 278-01-16.

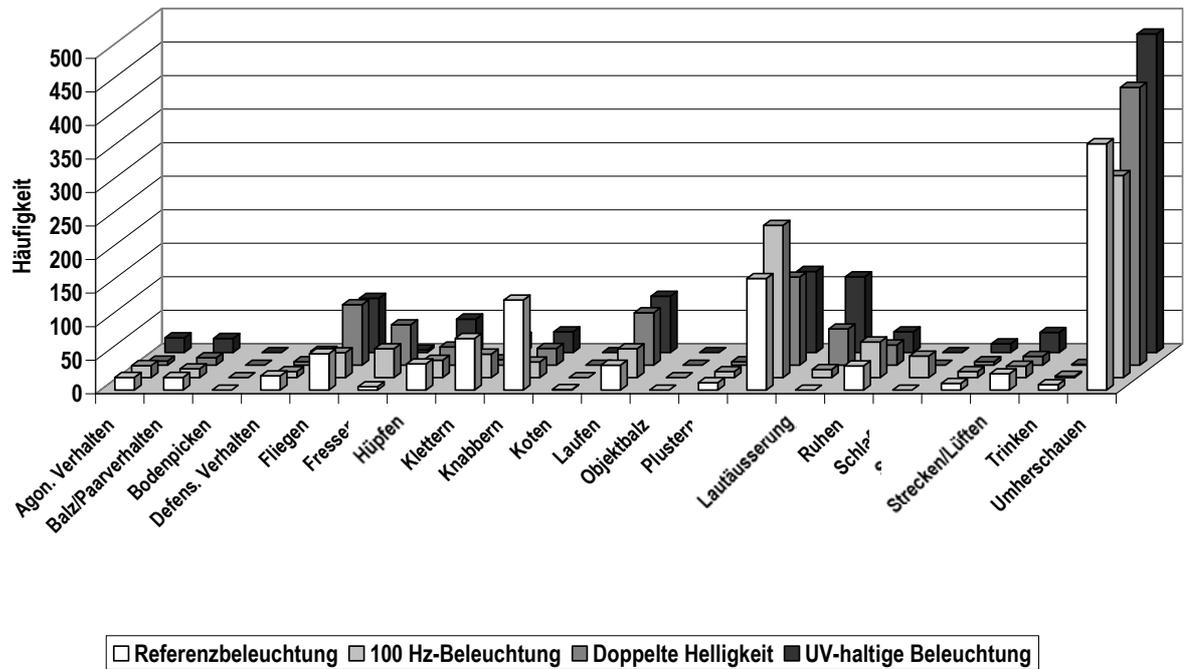


Abb. 58: Wellensittich 278-01-33.

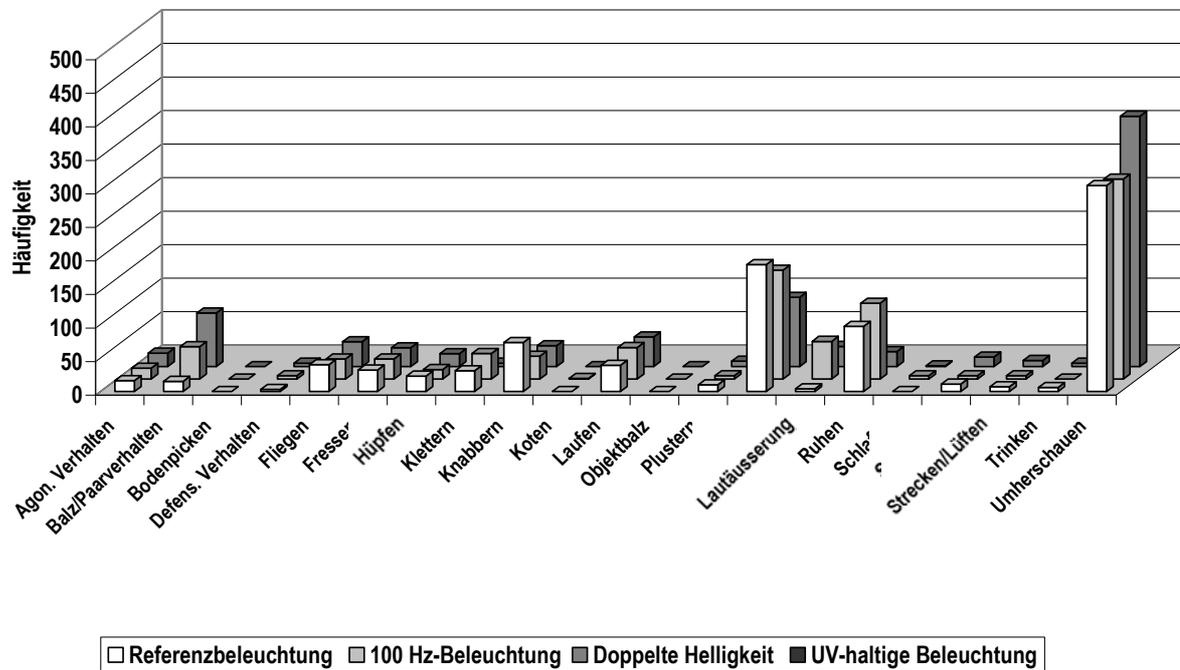


Abb. 59: Wellensittich 278-01-25. †

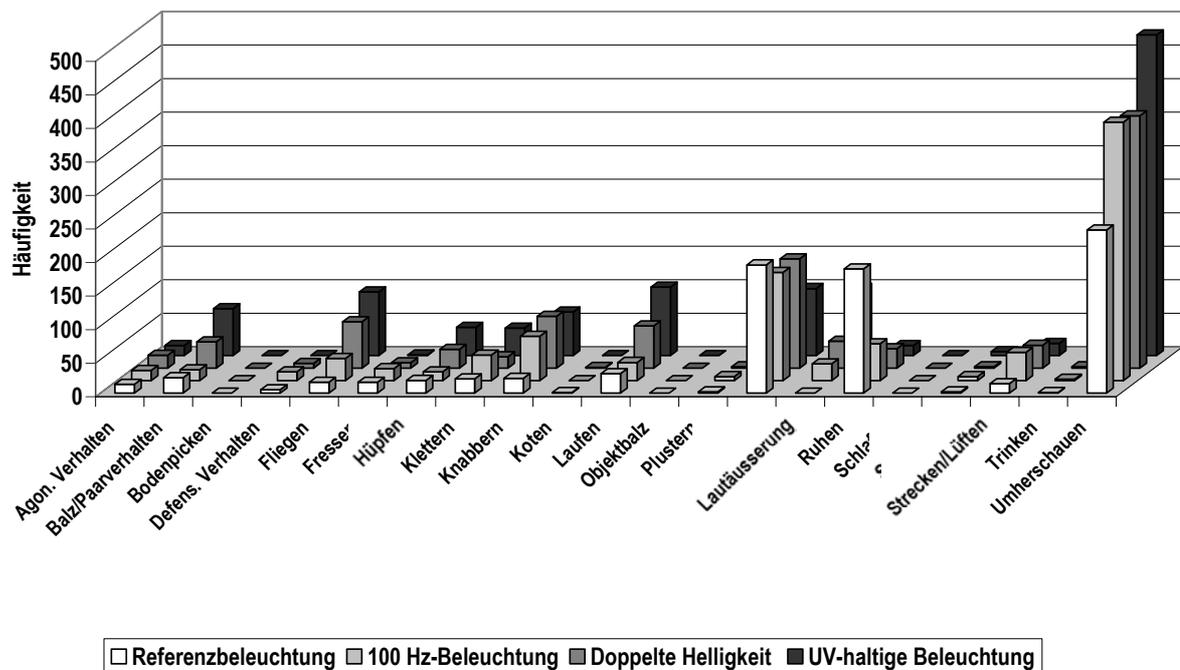


Abb. 60: Wellensittich 278-01-27.

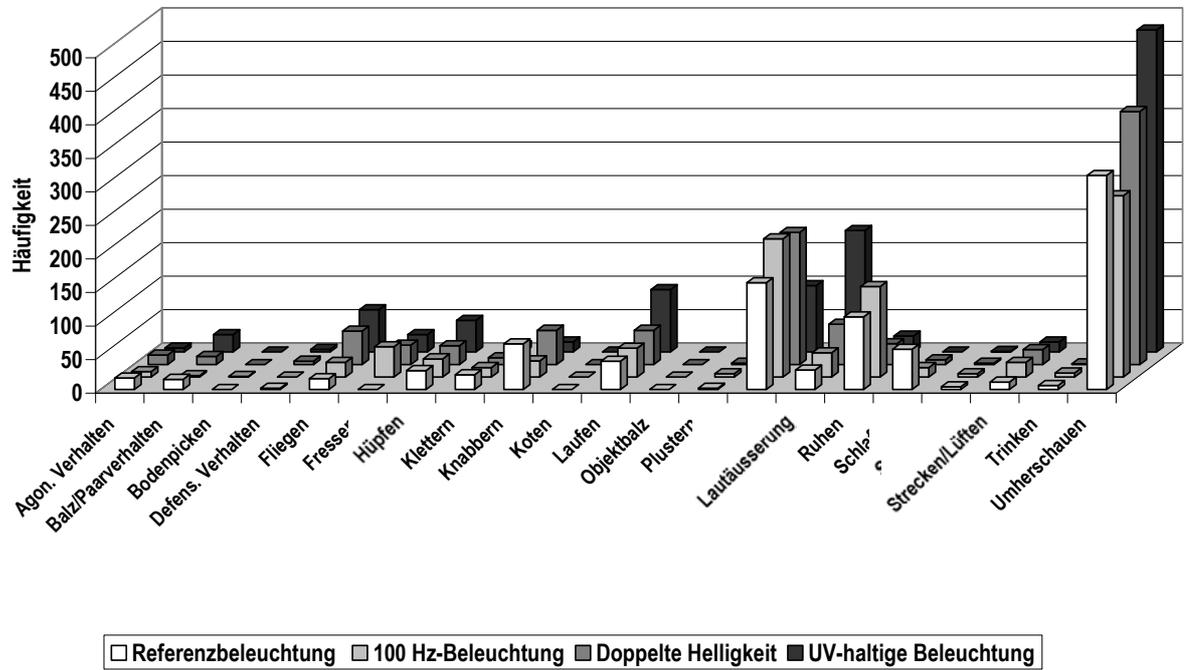


Abb. 61: Wellensittich 278-01-44.

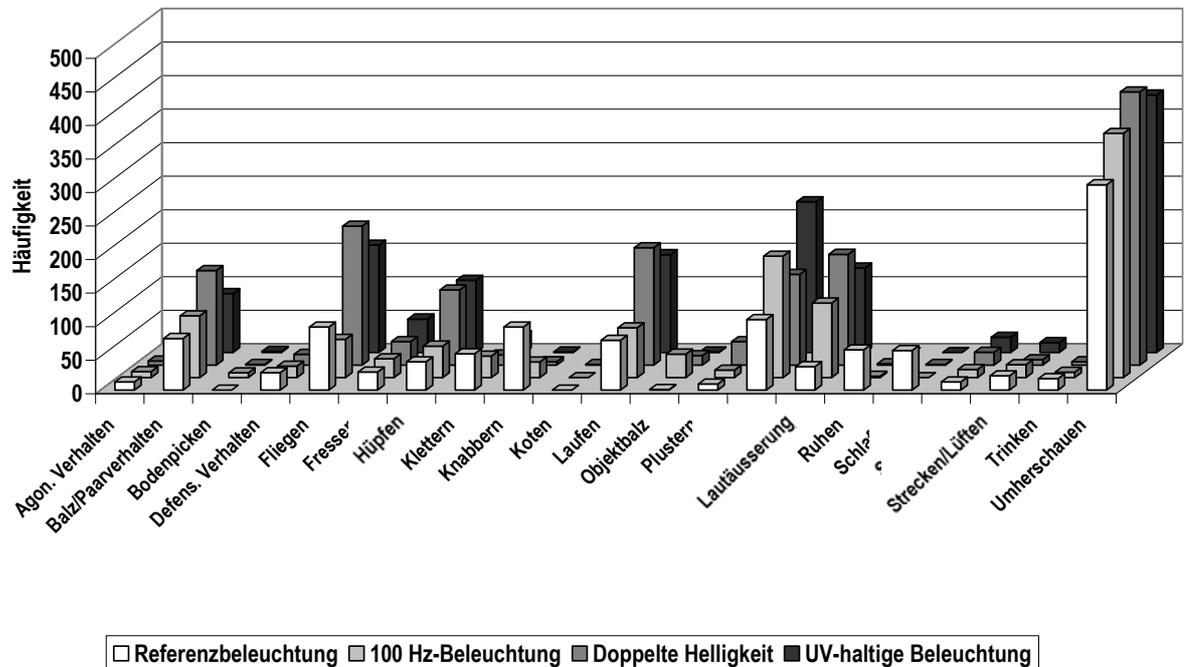


Abb. 62: Wellensittich 278-01-62.

7.2.2 Vergleich der einzelnen Verhaltensweisen

Die Abb. 63-83 zeigen die Anzahl derjenigen Intervalle von insgesamt 60 Beobachtungsintervallen (= 15 min), in denen eine bestimmte Verhaltensweise gezeigt wurde (= Häufigkeit). Die Daten wurden für beide Wellensittichgruppen über zehn Versuchstage und zehn normalpigmentierte bzw. zehn minderpigmentierte Wellensittiche gemittelt. Tab. 25 können die Werte zu den Abb. 63 -83 entnommen werden.

Vergleich der einzelnen Verhaltensweisen

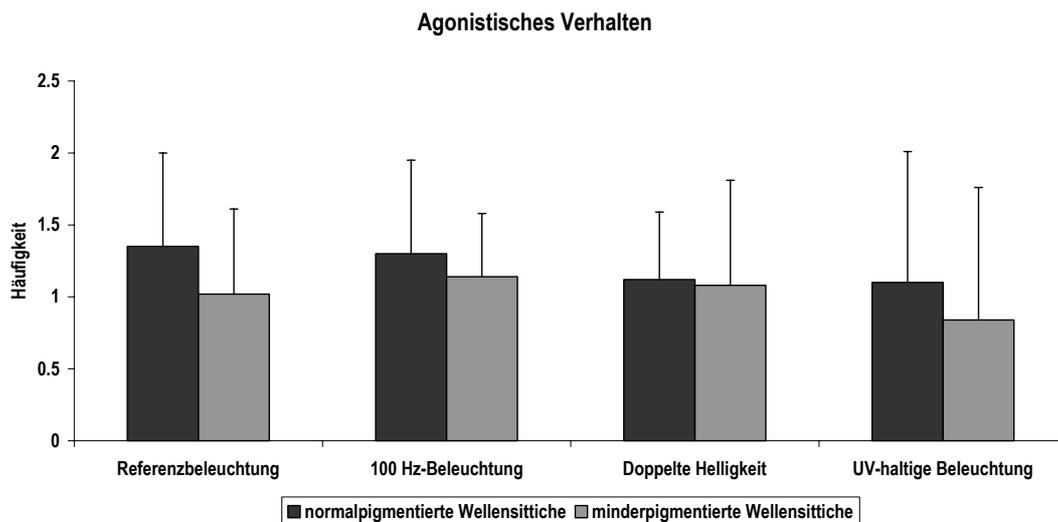


Abb. 63

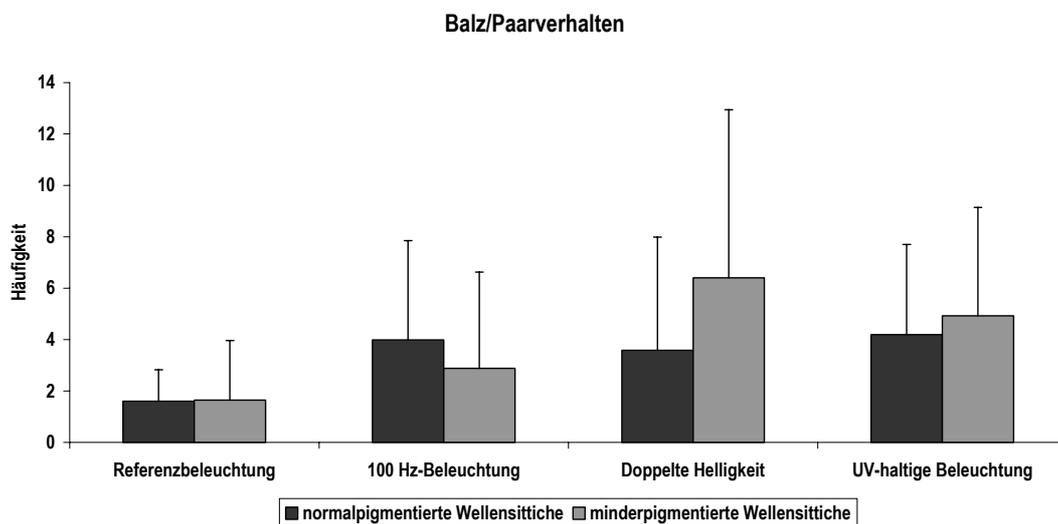


Abb. 64

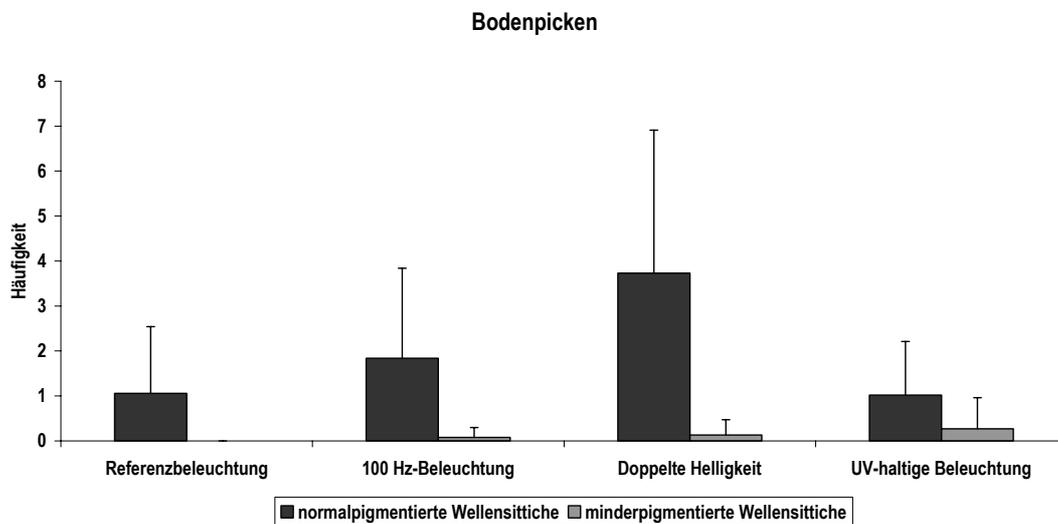


Abb. 65

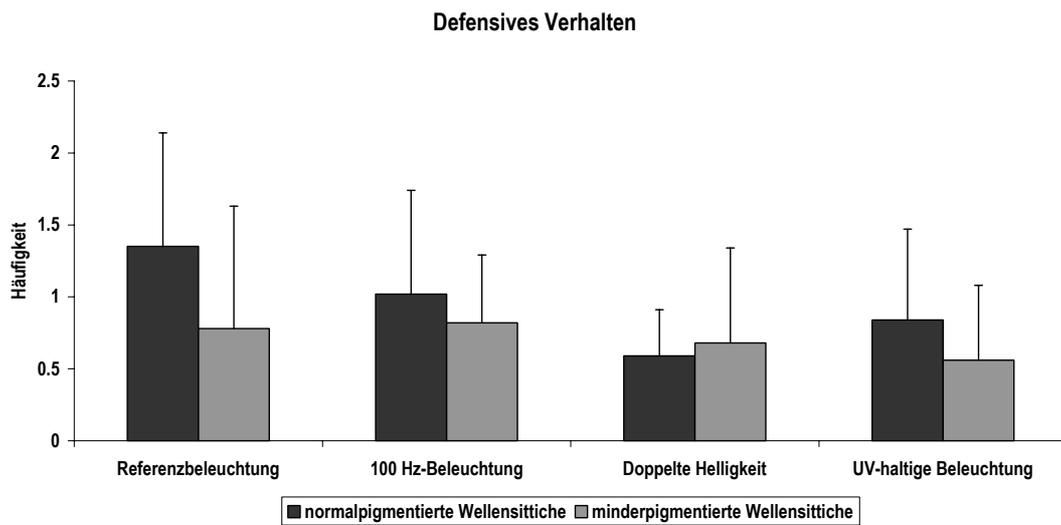


Abb. 66

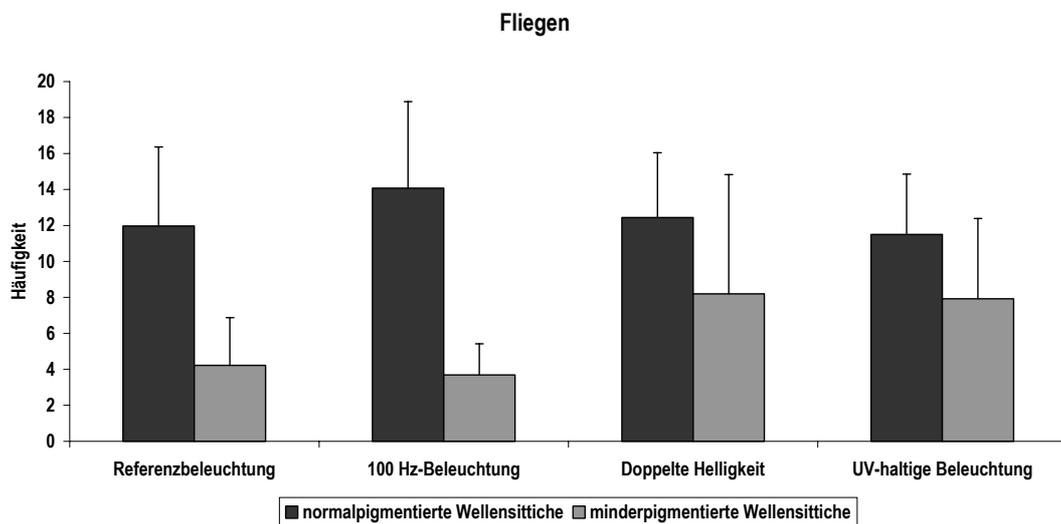


Abb. 67

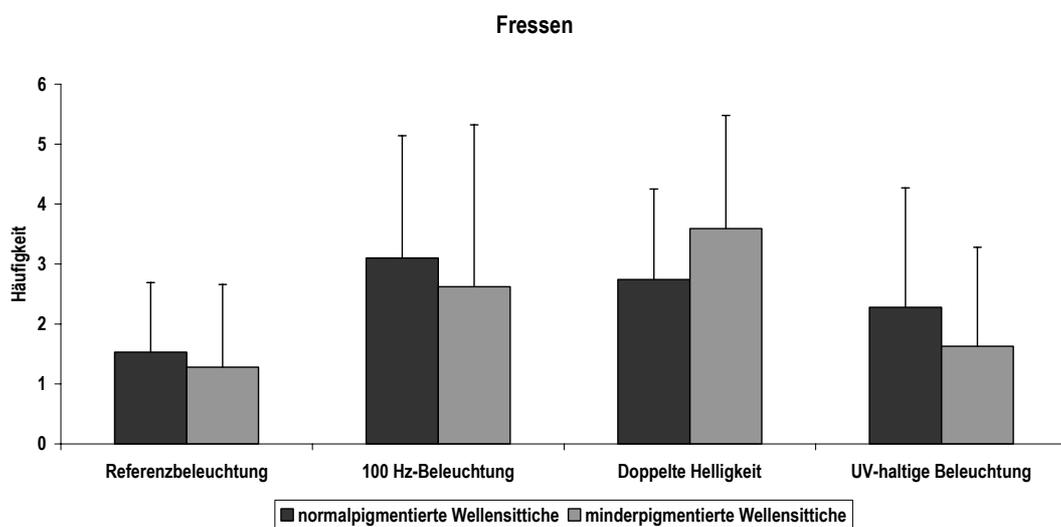


Abb. 68

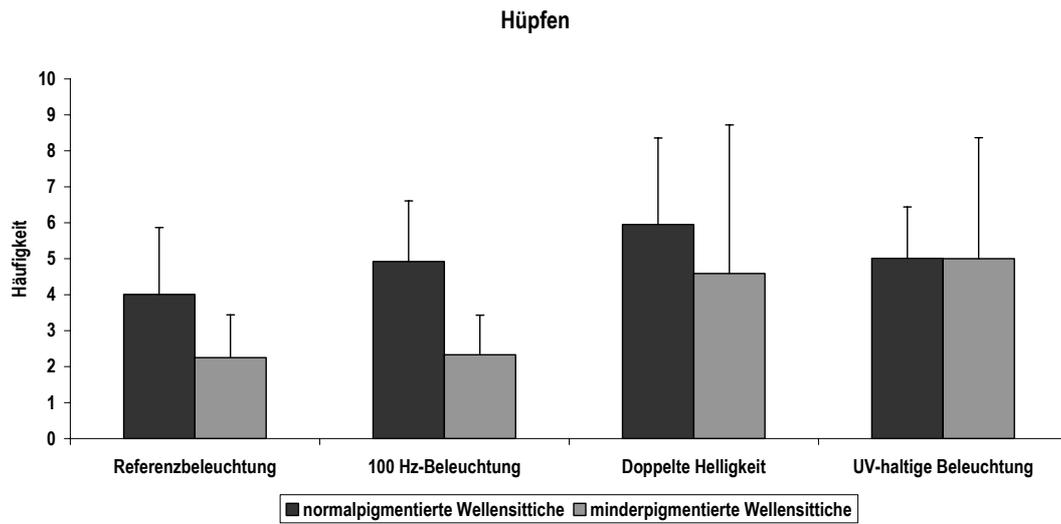


Abb. 69

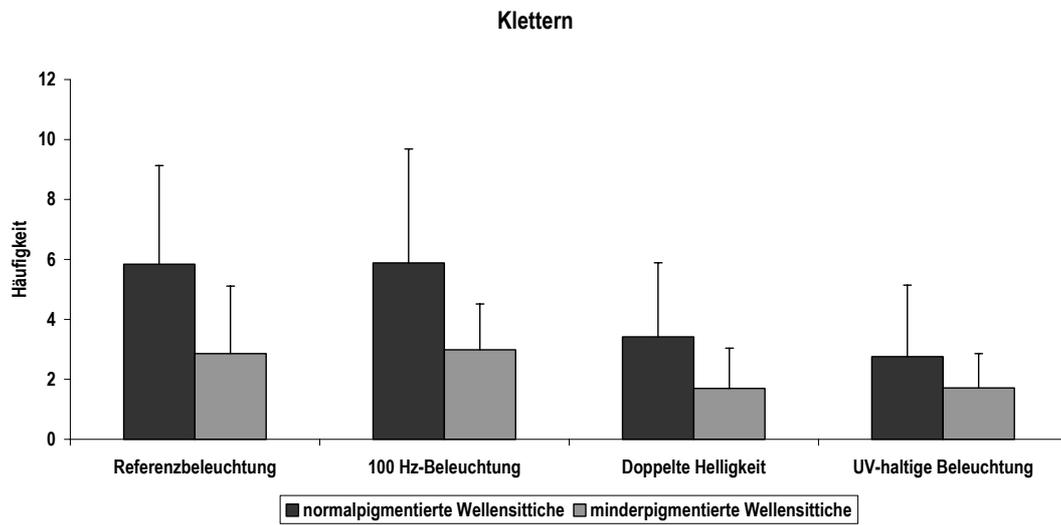


Abb. 70

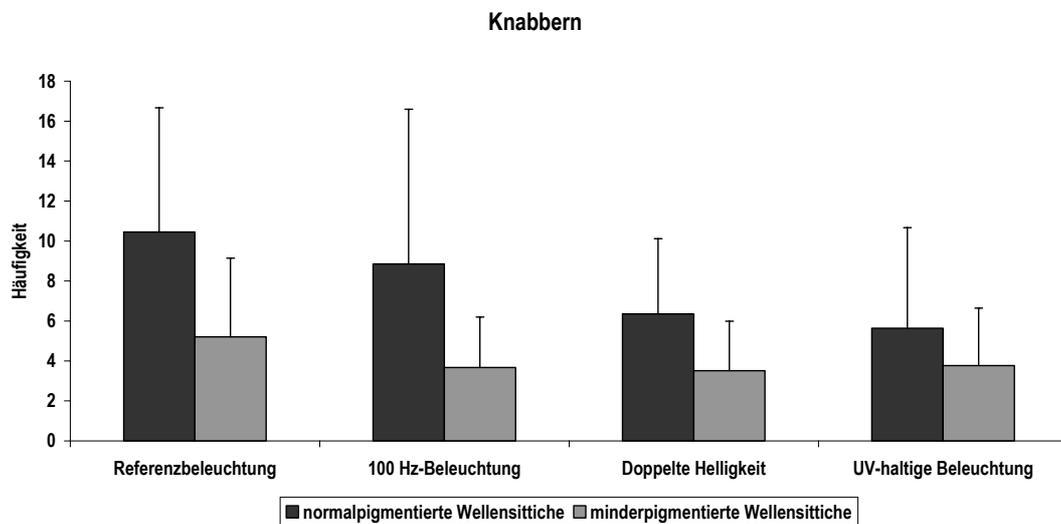


Abb. 71

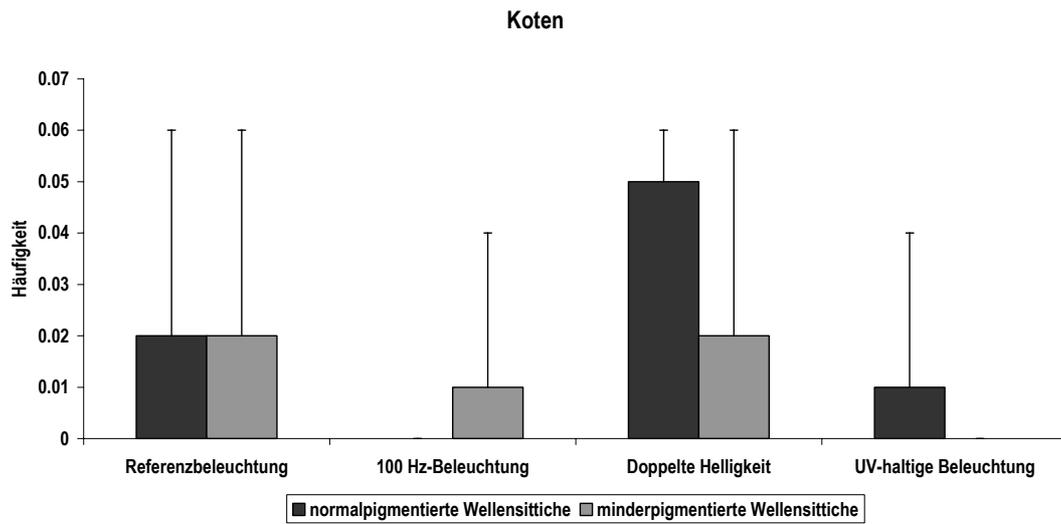


Abb. 72

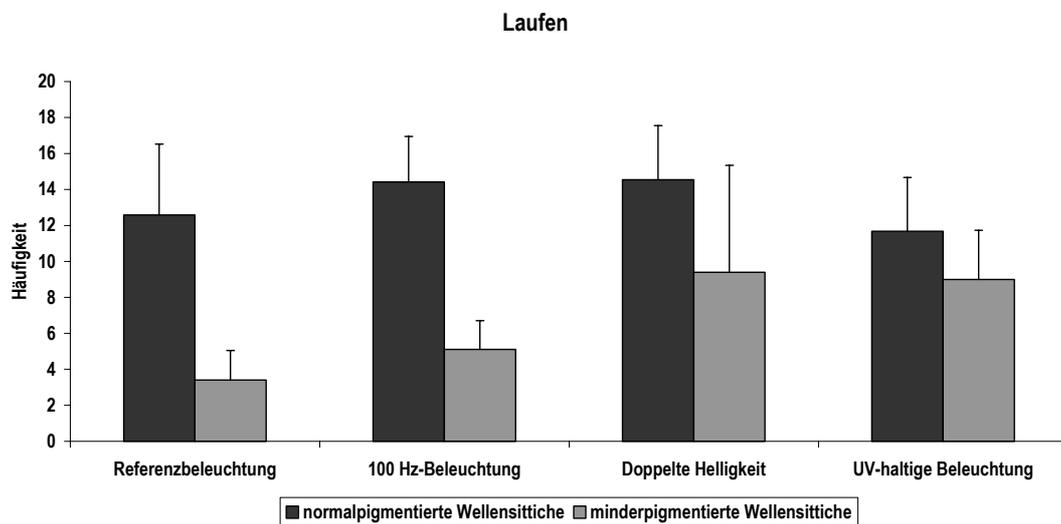


Abb. 73

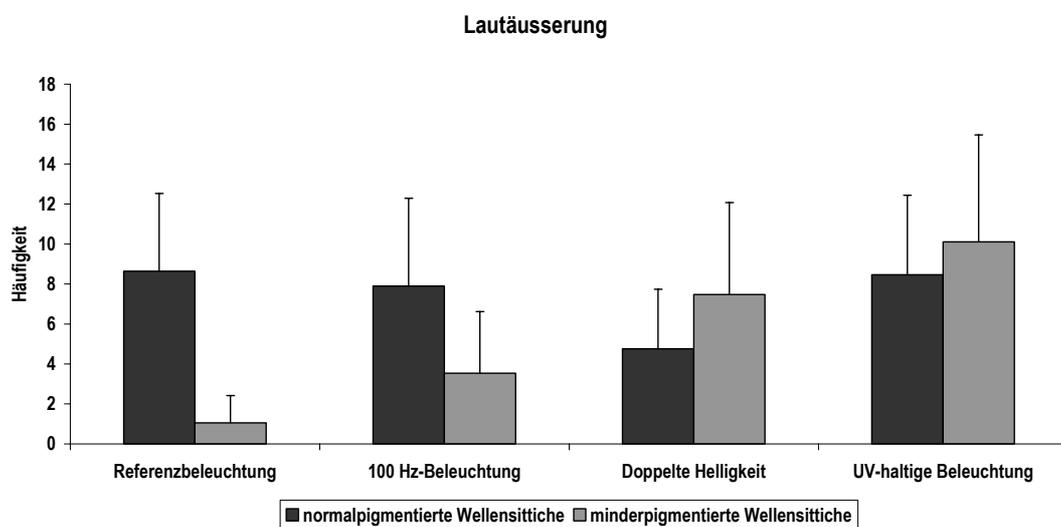


Abb. 74

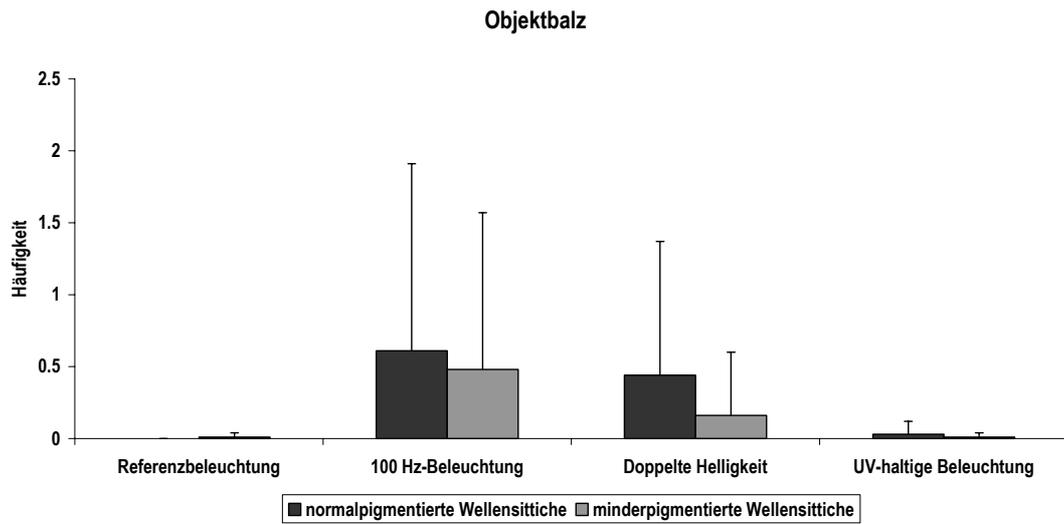


Abb. 75

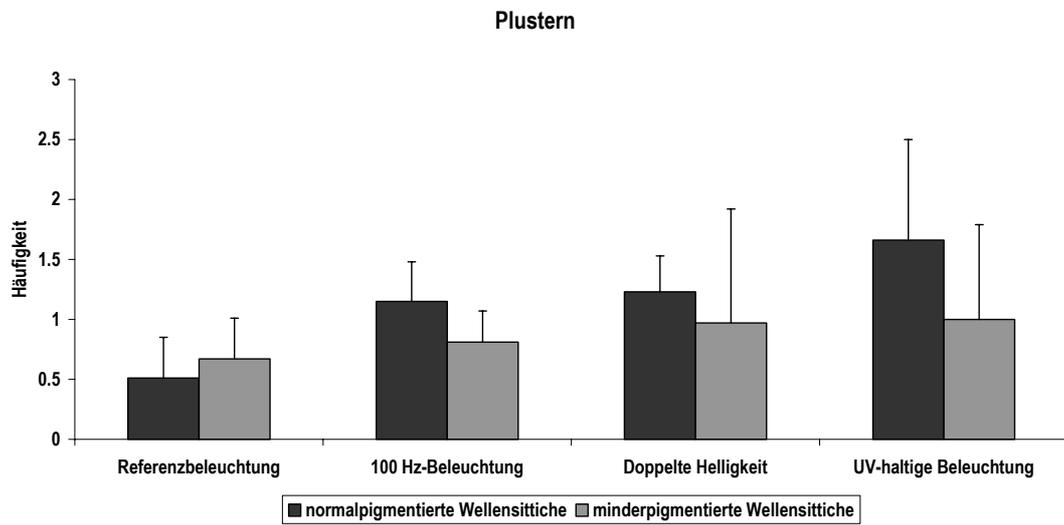


Abb. 76

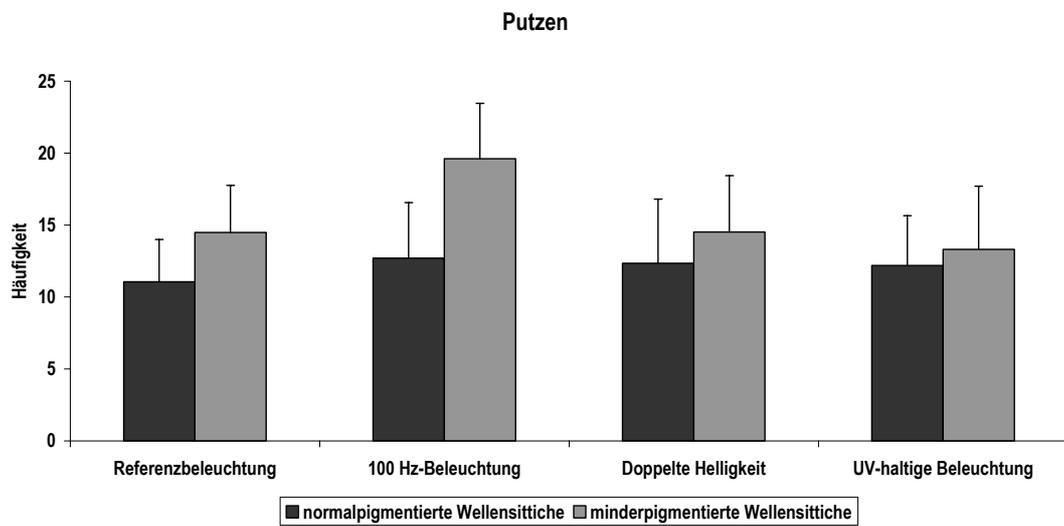


Abb. 77

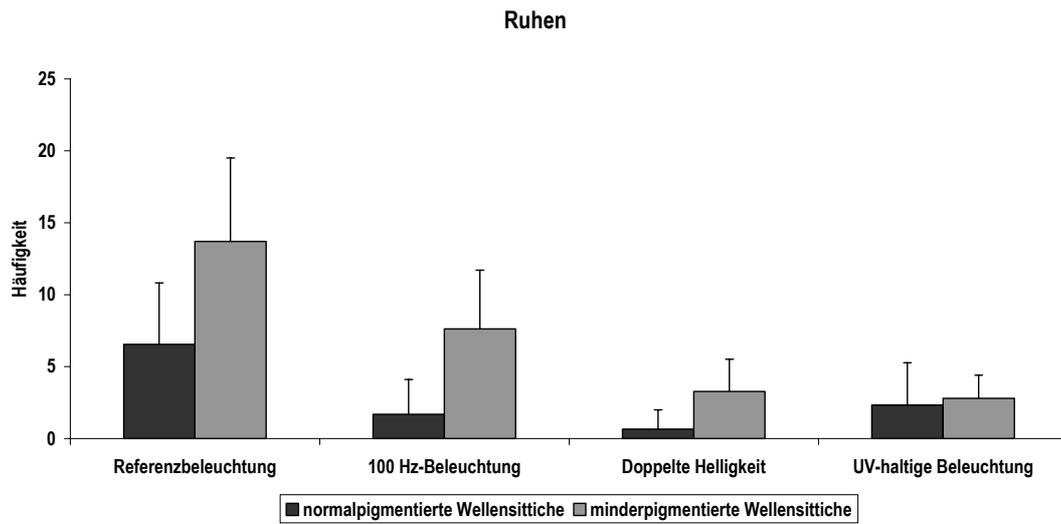


Abb. 78

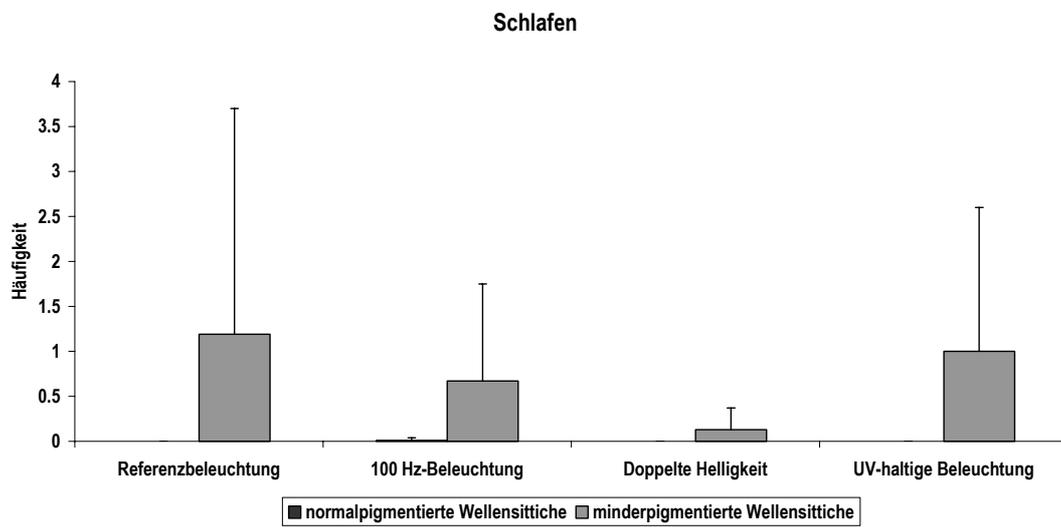


Abb. 79

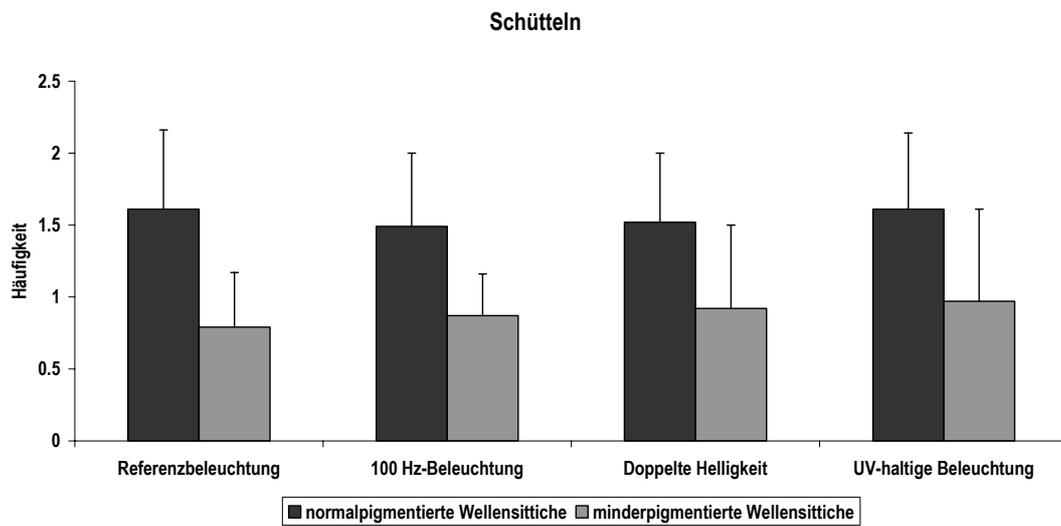


Abb. 80

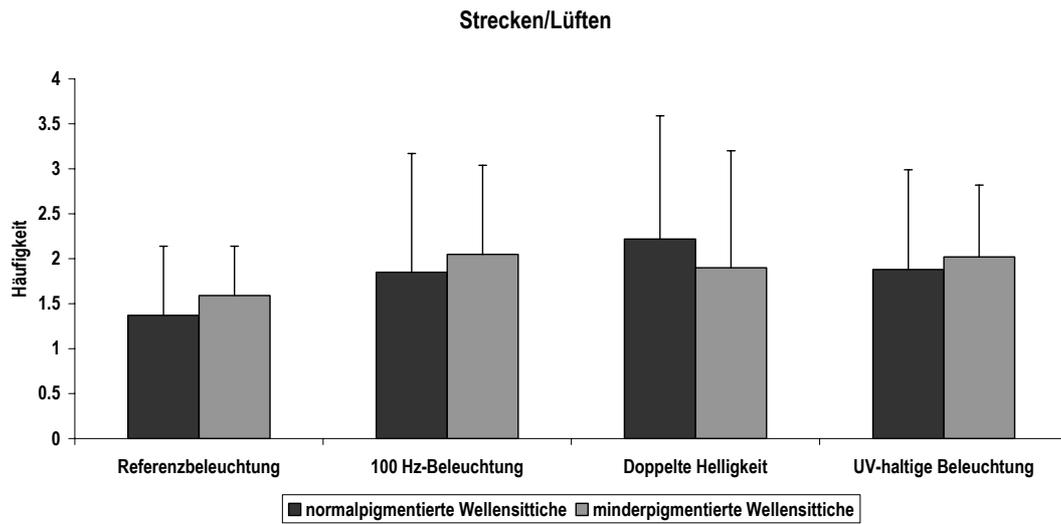


Abb. 81

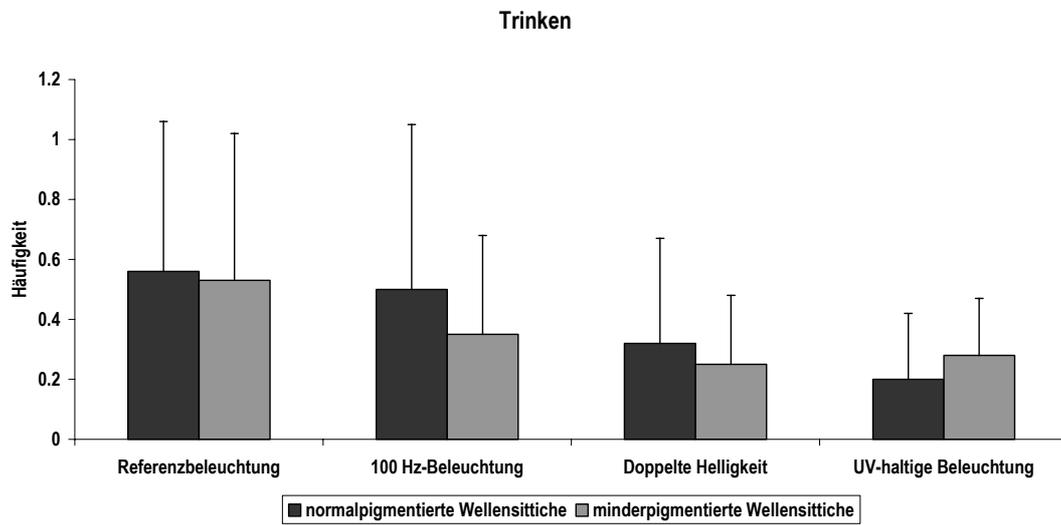


Abb. 82

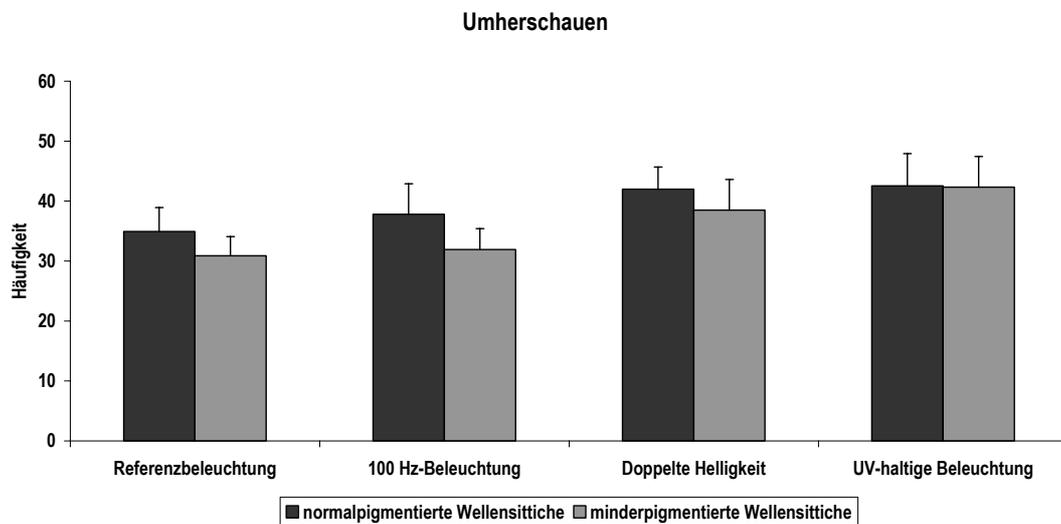


Abb. 83

Tab. 25: Werte zu den Abb. 63-83 (Mittelwerte \pm Standardabweichung). Vergleich der Häufigkeiten bestimmter Verhaltensweisen von normalpigmentierten Wellensittichen (n=10) und minderpigmentierten Wellensittichen (n=10) unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen.

Verhaltensweise	Referenzbeleuchtung		100 Hz-Beleuchtung		Doppelte Helligkeit		UV-haltige Beleuchtung	
	np WS	mp WS	np WS	mp WS	np WS	mp WS	np WS	mp WS
Agonistisches Verhalten	1.35 \pm 0.65	1.02 \pm 0.59	1.3 \pm 0.65	1.14 \pm 0.44	0.94 \pm 0.47	1.08 \pm 0.73	1.1 \pm 0.91	0.84 \pm 0.92
Balz/Paarverhalten	1.6 \pm 1.23	1.65 \pm 2.31	3.99 \pm 3.86	2.88 \pm 3.75	3.58 \pm 4.41	6.4 \pm 6.54	4.19 \pm 3.51	4.93 \pm 4.21
Bodenpicken	1.06 \pm 1.48	0	1.84 \pm 2.0	0.08 \pm 0.22	3.73 \pm 3.18	0.13 \pm 0.34	1.02 \pm 1.19	0.27 \pm 0.69
Defensives Verhalten	1.35 \pm 0.79	0.78 \pm 0.85	1.02 \pm 0.72	0.82 \pm 0.47	0.59 \pm 0.32	0.68 \pm 0.66	0.84 \pm 0.63	0.56 \pm 0.52
Fliegen	11.97 \pm 4.39	4.23 \pm 2.64	14.07 \pm 4.81	3.69 \pm 1.73	12.44 \pm 3.6	8.2 \pm 6.62	11.5 \pm 3.35	7.92 \pm 4.46
Fressen	1.53 \pm 1.16	1.28 \pm 1.38	3.1 \pm 2.04	2.62 \pm 2.7	2.74 \pm 1.51	3.59 \pm 1.89	2.28 \pm 1.99	1.63 \pm 1.65
Hüpfen	4.01 \pm 1.86	2.25 \pm 1.19	4.92 \pm 1.69	2.33 \pm 1.1	5.95 \pm 2.41	4.59 \pm 4.13	5.01 \pm 1.43	5.0 \pm 3.37
Klettern	5.84 \pm 3.29	2.86 \pm 2.25	5.88 \pm 3.8	2.99 \pm 1.52	3.42 \pm 2.47	1.7 \pm 1.34	2.76 \pm 2.38	1.71 \pm 1.15
Knabbern	10.46 \pm 6.21	5.21 \pm 3.93	8.86 \pm 7.74	3.67 \pm 2.52	6.35 \pm 3.77	3.51 \pm 2.48	5.64 \pm 5.03	3.77 \pm 2.87
Koten	0.02 \pm 0.04	0.02 \pm 0.04	0	0.01 \pm 0.03	0.05 \pm 0.01	0.02 \pm 0.04	0.01 \pm 0.03	0
Laufen	12.58 \pm 3.94	3.4 \pm 1.65	14.42 \pm 2.53	5.11 \pm 1.6	14.54 \pm 3.01	9.39 \pm 5.95	11.68 \pm 2.99	9.0 \pm 2.73
Objektbalz	0	0.01 \pm 0.03	0.61 \pm 1.3	0.48 \pm 1.1	0.44 \pm 0.93	0.16 \pm 0.44	0.03 \pm 0.09	0.01 \pm 0.03
Plustern	0.51 \pm 0.34	0.67 \pm 0.34	1.15 \pm 0.33	0.81 \pm 0.26	1.23 \pm 0.3	0.97 \pm 0.95	1.66 \pm 0.84	1.0 \pm 0.79
Putzen	11.05 \pm 2.95	14.49 \pm 3.27	12.69 \pm 3.87	19.61 \pm 3.85	12.34 \pm 4.46	14.52 \pm 3.91	12.19 \pm 3.46	13.31 \pm 4.38
Lautäusserung	8.64 \pm 3.89	1.05 \pm 1.37	7.9 \pm 4.39	3.54 \pm 3.08	4.76 \pm 2.98	7.47 \pm 4.6	8.46 \pm 3.98	10.11 \pm 5.35
Ruhen	6.54 \pm 4.28	13.7 \pm 5.81	1.69 \pm 2.42	7.62 \pm 4.1	0.65 \pm 1.35	3.27 \pm 2.25	2.33 \pm 2.94	2.8 \pm 1.6
Schlafen	0	1.19 \pm 2.51	0.01 \pm 0.03	0.67 \pm 1.09	0	0.13 \pm 0.24	0	1.0 \pm 1.6
Schütteln	1.61 \pm 0.55	0.79 \pm 0.38	1.49 \pm 0.51	0.87 \pm 0.29	1.52 \pm 0.48	0.92 \pm 0.58	1.61 \pm 0.53	0.97 \pm 0.64
Strecken/Lüften	1.37 \pm 0.77	1.59 \pm 0.55	1.85 \pm 1.32	2.05 \pm 0.99	2.22 \pm 1.37	1.9 \pm 1.3	1.88 \pm 1.11	2.02 \pm 0.8
Trinken	0.56 \pm 0.5	0.53 \pm 0.49	0.5 \pm 0.55	0.35 \pm 0.33	0.32 \pm 0.35	0.25 \pm 0.23	0.2 \pm 0.22	0.28 \pm 0.19
Umherschauen	34.91 \pm 4.0	30.87 \pm 3.19	37.8 \pm 5.09	31.92 \pm 3.48	41.96 \pm 3.72	38.49 \pm 5.09	42.53 \pm 5.39	42.31 \pm 5.14

np WS = normalpigmentierte Wellensittiche, mp WS = minderpigmentierte Wellensittiche

7.3 Protokollblatt Aufenthalt

7.4 Protokollblatt Verhalten

Protokollblatt Aufenthalt

Gruppe:

Versuch:

Datum:

Uhrzeit: 6.30 - 17.10

Uhrzeit	Vögel Voliere I	Vögel Voliere II	Vögel Durchflugöffnung	Bemerkungen
6.30				Morgendämmerung
6.40				
6.50				
7.00				Helligkeit 100%
7.10				
7.20				
7.30				
7.40				
7.50				
8.00				
8.10				
8.20				
8.30				
8.40				
8.50				
9.00				
9.10				
9.20				
9.30				
9.40				
9.50				
10.00				
10.10				
10.20				
10.30				
10.40				
10.50				
11.00				
11.10				
11.20				
11.30				
11.40				
11.50				
12.00				
12.10				
12.20				
12.30				
12.40				
12.50				

13.00				
13.10				
13.20				
13.30				
13.40				
13.50				
14.00				
14.10				
14.20				
14.30				
14.40				
14.50				
15.00				
15.10				
15.20				
15.30				
15.40				
15.50				
16.00				
16.10				
16.20				
16.30				
16.40				Abenddämmerung
16.50				
17.00				
17.10				Dunkelheit 100%
Summe				
Prozent				

Protokollblatt Verhalten

Versuch:
 Datum:
 Uhrzeit:

Gruppe:
 Vogel:

Intervall	Bemerkungen	Ag	Ba	Bopi	Def	Fl	Fre	Hü	Kl	Kna	Kot	La	Lü	Obj	Pa	Pl	Pu	Laut	Ruh	Schl	Schü	Str	Tri	Um	
0-15s																									
16-30s																									
31-45s																									
46-60s																									
61-75s																									
76-90s																									
91-105s																									
106-120s																									
121-135s																									
136-150s																									
151-165s																									
166-180s																									
181-195s																									
195-210s																									
211-225s																									
226-240s																									
241-255s																									
256-270s																									
271-285s																									
286-300s																									
301-315s																									
316-330s																									
331-345s																									
346-360s																									
361-375s																									
376-390s																									
391-405s																									
406-420s																									
421-435s																									
436-450s																									

Versuch:
 Datum:
 Uhrzeit:

Gruppe:
 Vogel:

Intervall	Bemerkungen	Ag	Ba	Bo-	Def	Fl	Fre	Hü	Kl	Kna	Kot	La	Lü	Obj	Pa	Pl	Pu	Laut	Ruh	Schl	Schü	Str	Tri	Um	
451-465s																									
466-480s																									
481-495s																									
496-510s																									
511-525s																									
526-540s																									
541-555s																									
556-570s																									
571-585s																									
586-600s																									
601-615s																									
616-630s																									
631-645s																									
646-660s																									
661-675s																									
676-690s																									
691-705s																									
706-720s																									
721-735s																									
736-750s																									
751-765s																									
766-780s																									
781-795s																									
796-810s																									
811-825s																									
826-840s																									
841-855s																									
856-870s																									
871-885s																									
886-900s																									
Summe der Intervalle																									

Danksagungen

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Andreas Steiger, der mir das Thema der Dissertation anvertraute.

PD Dr. Marcus Doherr danke ich für die kompetente und freundliche Hilfe bei der statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse.

Ein grosses Dankeschön geht an PD Dr. Thomas Bartels für die tatkräftige Unterstützung, den fachlichen Rat und die Korrektur meiner Arbeit.

Bei meinen beiden Doktoranden-Kolleginnen Evelyne Vonlanthen und Doris Lehmann möchte ich mich ganz herzlich für ihre Hilfsbereitschaft und Freundschaft bedanken. Ich werde immer gerne an Euch und die zwei schönen Jahre in der Schweiz zurückdenken!

Meiner Familie danke ich sehr für die fortwährende Unterstützung im Studium und bei der Anfertigung der Dissertation.

Nicht zuletzt danke ich allen übrigen Kollegen für das angenehme Arbeitsklima und die schöne Zeit am Tierspital.