

# **Das Ortsgedächtnis bei Vögeln**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Naturwissenschaften

vorgelegt beim Fachbereich Biologie

der Johann Wolfgang Goethe - Universität

in Frankfurt am Main

Von

**Mathias Jahnel**

aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main 1995

Vom Fachbereich Biologie der Johann Wolfgang Goethe - Universität als Dissertation angenommen.

Dekan: Prof. Dr. Wilhelm Hilgenberg

Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Wiltschko  
Prof. Dr. Dieter Peters

Datum der Disputation: 18. 08. 1995

## **DANKSAGUNG**

Herrn Professor Dr. Wolfgang Wiltschko danke ich für die Überlassung des Themas und die finanzielle Unterstützung innerhalb des Teilprojektes G1 des Sonderforschungsbereiches 45 „Vergleichende Physiologie des Verhaltens“. Ihm und seiner Frau Dr. Roswitha Wiltschko danke ich für zahlreiche kritische und anregende Diskussionen.

Herrn Professor Dr. Russel Balda danke ich für die Möglichkeit, die Räume und Versuchstiere des Avian Cognition Laboratory der Northern Arizona University in Flagstaff benutzen zu können. Ihm danke ich ebenfalls für die Mithilfe bei der Durchführung der Versuche mit Eichelhähern in Frankfurt und für zahlreiche anregende Diskussionen. Ohne seine Unterstützung und Hilfe wäre der Teil der Arbeit mit Kiefernhähern nicht möglich gewesen.

Desweiteren möchte ich mich bei den zahlreichen Mitgliedern der Arbeitsgruppe PÖV bedanken, die teilweise bei den Versuchen mitgeholfen haben und die gefundenen Ergebnisse mit mir diskutiert haben.

Besonderem Dank bin ich Frau Beate Janoscheck, Frau Alicia Matter und Frau Gisela Schmideskamp schuldig, die mir stets hilfreich zur Seite standen.

Danke auch an Herrn Walzer für den Bau des Versuchskäfigs für Sumpfmehsen und Herrn Kopp für den Bau der Versuchsvoliere in Frankfurt sowie ihren Mitarbeitern.

Zu besonderem Dank bin ich Dr. Karl-Heinz Schmidt für die Mithilfe beim Fang der Sumpfmehsen sowie Richard Mohr und Herrn Oberförster Ernst Tochtermann für den Fang der Eichelhäher verpflichtet.

Frau Dr. Ursula Munro bin ich für das Korrekturlesen und die Diskussion einer frühen Fassung dankbar. Herrn Ulrich Wassen bin ich für das Einscannen der Bilder und dem Korrekturlesen der Endfassung dankbar.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1. Strategien während futterarmer Perioden .....	1
1.1 Wanderungen .....	1
1.2 Herabsetzen des Stoffwechsels .....	2
1.3 Schaffen von Wintervorräten .....	3
2. Orientierung von Vögeln .....	4
2.1. Kompaßsysteme .....	4
2.1.1 Sonnenkompaß .....	4
2.1.2 Sternekompaß .....	5
2.1.3 Magnetkompaß .....	5
2.2 Orientierung von Brieftauben .....	7
2.2.1 Karte Kompaß Prinzip .....	7
2.2.2 Kompaßsysteme .....	8
2.2.3 Kartenfaktoren .....	8
2.3 Orientierung von samenversteckenden Vögeln .....	10
2.3.1 Sumpfmeisen .....	11
2.3.2 Chickadee Meisen .....	11
2.3.3 Kiefernhäher .....	12
2.3.4 Buschblauhäher .....	13
2.3.5 Weitere Häherarten .....	14
2.4 Ziele der Arbeit .....	15
<b>MATERIAL UND METHODE .....</b>	<b>21</b>
1. Versuchstiere .....	21
1.1 Der Kiefernhäher .....	21
1.2 Der Eichelhäher .....	23
1.3 Die Sumpfmeise .....	24
2. Versuchsaufbau .....	25

---

--

2.1 Versuchsvoliere für Kiefernhäher und Eichelhäher .....	25
2.1.1 Umgebung der Volieren .....	25
2.2 Versuchskäfig für Sumpfmeisen .....	27
3. Versuchsmethoden .....	28
3.1 Kiefernhäher .....	28
3.1.1 Habituation .....	29
3.1.2 Versteckphase .....	30
3.1.3 Wiederfindephase .....	31
3.2 Eichelhäher .....	31
3.2.1 Trainingsphase .....	31
3.2.2 Versuche .....	32
3.2.2.1 Kontrolle .....	32
3.3 Sumpfmeisen .....	33
3.3.1 Versuchsdurchführung .....	33
3.3.2 Habituation .....	34
3.3.3 Kontrollen .....	34
4. Experimentelle Beeinflussungen .....	34
4.1 Zeitumstellungsversuche .....	34
4.1.1 Kiefernhäher .....	35
4.1.2 Eichelhäher .....	36
4.2 Versuche im künstlichen Magnetfeld .....	36
4.3 Versuche mit Scheinwerfern .....	36
5 Statistische Auswertung .....	37
5.1 Mittelrichtung .....	37
5.2 Vektorlänge .....	38
5.3 CHI <sup>2</sup> Test .....	38
5.4 Medianwert .....	38
5.5 Sign-Test .....	38
5.6 Wilcoxon-Test .....	38

---

--

---

--

<b>ERGEBNISSE UND DISKUSSION .....</b>	<b>39</b>
1. Kiefernhäher .....	39
1.1. Versuchsbedingungen .....	39
1.1.1 Kontrollen vor den Zeitumstellungsversuchen .....	40
1.1.2 Kontrolle 2 nach den Zeitumstellungsversuchen .....	41
1.1.3 Zeitumstellungsversuche .....	42
1.1.4 Normalisierungsversuche .....	44
1.1.5 Versuche nach vorhergehender Zeitumstellung .....	45
1.1.6 Versuche ohne vorhergehende Zeitumstellungsversuche .....	46
1.2 Auswertung der Ergebnisse .....	49
1.2.1 Auswertung nach dem Kriterium "Anzahl der Becherbesuche pro verstecktem Samen" .....	49
1.2.2 Verteilung der Becherbesuche in den Zeitumstellungsversuchen .....	53
1.2.2.1 Zeitumstellungsversuche .....	53
1.2.2.2 Normalisierungsversuche .....	54
1.2.3 Fehleranalyse .....	54
1.2.3.1 Fehler in der Kategorie "falscher Sektor, richtiger Becher" .....	55
1.2.3.2 Fehler der Kategorie "richtiger Sektor, falscher Becher" .....	62
1.2.3.3 Fehler der Kategorie "falscher Sektor, falscher Becher" .....	67
1.2.3.4 Fehler der Kategorie "richtiger Sektor, falscher Becher (2 Sektoren offen)" .....	74
1.2.3.5 Fehler der Kategorie "falscher Sektor, falscher Becher (2 Sektoren offen)" .....	79
1.3 Diskussion .....	82
1.3.1 Genauigkeit der Versuche .....	82
1.3.2 Zeitumstellungsversuche .....	83
1.3.3 Zusammenfassung der gefundenen Ergebnisse .....	85
2. Eichelhäher .....	87

---

--

---

--

2.1 Versuche analog zu den Versuchen, die mit Kiefernhähem durchgeführt wurden .....	87
2.1.1 Erfolgreiche Versuche .....	89
2.1.2 Andere Samen .....	89
2.2 Versuche, in denen die Erdnüsse nicht vom Versuchsvogel versteckt wurden .....	90
2.2.1 Trainingsversuche .....	91
2.2.2 Qualifikationen zwischen den Versuchen .....	91
2.2.3 Kontrollen .....	92
2.2.4 Zeitumstellungsversuche .....	93
2.2.5 Normalisierungsversuche .....	95
2.2.6 Langzeitkontrollen .....	95
2.2.7 Ergebnisbetrachtung .....	96
2.3 Diskussion .....	101
2.3.1 Vorversuche .....	101
2.3.2 Kontrollen .....	101
2.3.3 Zeitumstellungsversuche .....	102
3. Sumpfmeyen .....	105
3.1 Habituationsversuche .....	105
3.2 Kontroll-Versuche .....	107
3.2.1 Kontrollen im Erdmagnetfeld .....	108
3.2.2 Kontrolle im künstlichen Magnetfeld mit Nord = 120° .....	109
3.2.3 Dauerkontrolle .....	109
3.3 Versuche unter veränderten Magnetfeldbedingungen .....	110
3.3.1 Versuche: Verstecken im Erdfeld, Suchen im um 120° gedrehten Magnetfeld .....	110
3.3.2 Versuche: Verstecken im um 120° gedrehten Magnetfeld und Suchen im Erdmagnetfeld .....	111
3.3.3 Fehleranalyse .....	111
3.4 Versuche unter "künstlicher Sonne" .....	112
3.4.1 Kontrollen .....	112

---

--

---

--

3.4.2 Versuche, bei denen zwischen Verstecken und Suchen der Samen die Position der Scheinwerfer gewechselt wurde .....	113
3.5 Kontrolle nach 3 Tagen .....	113
3.6 Diskussion .....	114
3.6.1 Kontrollen .....	114
3.6.2 Versuche mit gedrehtem Magnetfeld .....	115
3.6.3 Versuche mit Scheinwerfern .....	116
<b>ABSCHLUSSDISKUSSION .....</b>	<b>117</b>
1. Erkenntnisse .....	117
1.1 Kiefernhäher .....	117
1.2 Eichelhäher .....	117
1.3 Sumpfmeisen .....	117
1.4 Zusammenhang zwischen den untersuchten Arten .....	118
2. Probleme .....	119
2.1 Kiefernhäher .....	119
2.2 Eichelhäher .....	119
2.3 Sumpfmeisen .....	120
3. Ausblick .....	120
3.1 Kiefernhäher .....	120
3.2 Eichelhäher .....	121
3.3 Sumpfmeisen .....	121
<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>123</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>125</b>
<b>VERZEICHNIS DER ERWÄHNTEN ARTEN .....</b>	<b>135</b>
1. Vögel .....	135

---

--

---

--

2. Säuger .....	135
<b>ANHANG .....</b>	<b>136</b>

# EINLEITUNG

## 1. Strategien während futterarmer Perioden

Es gibt im Tierreich mehrere Strategien, um Perioden mit Futterknappheit oder ohne jegliches Futterangebot zu überwinden. Dabei handelt es sich um:

- a) Wanderungen in ein Gebiet, in dem Futter noch reichlich vorhanden ist
- b) die Herabsetzung des Stoffwechsels auf ein energiesparendes Niveau oder
- c) das Anlegen von Wintervorräten.

### 1.1 Wanderungen

Wanderungen sind bei verschiedenen Arten von Tieren beschrieben worden. So bei verschiedenen Wirbeltieren und bei Insekten.

Viele Säugetiere unternehmen regelmäßige Wanderungen. Dabei kann es sich um Großsäuger wie Karibus, Bisons und Gnus oder auch um Kleinsäuger wie Fledermäuse oder Lemmings handeln.

Die weitesten von Säugern bekannten Wanderungen führen Grauwale (*Eschrichtius gibbosus*) durch. Im Sommer halten sich die Grauwale westlich von Alaska in der Beringsee auf. Ende des Sommers ziehen sie entlang der amerikanischen Pazifikküste nach Süden und sind von November bis März vor Südkalifornien und vor der Baja California anzutreffen. Hier gebären die trächtigen Kühe ihre Jungen. Ab März ziehen die Tiere dann wieder nach Norden in die Beringsee (GRIZIMEK 1980).

Auch bei Insekten sind Wanderungen beschrieben worden. Allerdings muß bei Insektenwanderungen zwischen verschiedenen Wandertypen unterschieden werden. Zum einen werden Insekten zu Wanderungen gezwungen, die das Ergebnis eines starken Populationsanstieges sind, der das Futter des Lebensraums erschöpft. Solche Wanderungen sind vor allem in Südeuropa und Nordafrika von Wanderheuschrecken bekannt geworden. Hier handelt es sich also nicht um regelmäßige Wanderungen, um saisonalen Futterknappheiten zu entgehen, sondern die Wanderungen sind als Folge einer durch die Populationsdichte bewirkten Futterknappheit zu sehen. Eine gewisse Populationsdichte bringt die Tiere, die normalerweise Einzelgänger sind, dazu, Schwärme zu bilden und in eine nicht vorhersagbare Richtung zu wandern. Zum

-----

--

anderen gibt es auch Insektenwanderungen, die regelmäßig und zielgerichtet stattfinden. Sie sind vor allem in Nordamerika von Schmetterlingen bekannt.

Von Vögeln weiß man von Wanderungen seit dem Altertum. So wurden zum Beispiel von ARISTOTELES (um 340 v. Chr.) schon Züge von Vögeln beschrieben. Doch erst als seit Anfang des 20. Jahrhunderts der Däne H. CHR. C. MORTENSEN durch gezielte Beringungen mit Leichtmetallringen den Vogelzug untersuchte, wurde das Ausmaß der Wanderungen erkannt. Zugvögel gibt es auf allen Kontinenten. Besonders eingehend sind die Wanderungen von Vögeln zwischen ihren Brut- und Überwinterungsgebieten von Europa nach Afrika und von Nordamerika nach Mittel- und Südamerika erforscht. MOREAU (1972) gibt die Zahl der Vögel, die Jahr für Jahr von der Paläarktis ins tropische Afrika fliegen mit 3750 bis 5000 Millionen Einzelindividuen von 177 Arten an.

Es ziehen so unterschiedliche Vogelarten wie die nur wenige Gramm wiegenden Kolibris, die von Nord- nach Mittel- und Südamerika ziehen, bis zu den mehrere Kilo wiegenden Weißstörchen oder Kranichen, die aus der Paläarktis nach Afrika fliegen. Die Wanderungen erstrecken sich dabei zum Teil über weite Entfernungen.

Die weiteste Wanderung, die überhaupt von einem Tier bekannt ist, führt die Küstenseeschwalbe (*Sterna paradisaea*) durch. Bei ihr konnte nachgewiesen werden, daß sie im Nordwinter von ihren Brutgebieten in Nordeuropa, Island und Grönland bis in die Antarktis fliegt, um dort zu überwintern. Im Südwinter ziehen die Seeschwalben dann wieder um den halben Erdball nach Nordeuropa, um dort zu brüten.

## 1.2 Herabsetzen des Stoffwechsels

Eine andere Strategie, Perioden mit geringem Futterangebot zu überleben, besteht darin, den Energieumsatz drastisch herabzusetzen.

Dies ist vor allem von Säugetieren bekannt, und wird hier meistens als Winterschlaf (Hibernation) bezeichnet. Die Winterschlaf haltenden Tiere leben während dieser Zeit von Vorräten, die entweder im Körper als Körperfett, vor allem unter der Haut und zwischen den Eingeweiden eingelagert werden; oder

---

--

die Vorräte werden vor der Periode des Winterschlafs im Schlafnest des Winterschlaf haltenden Tieres gesammelt. Mit dem Winterschlaf geht eine Umstellung des Körpers auf hormonaler und physiologischer Basis einher, auf die hier im einzelnen nicht näher eingegangen werden soll. Die Körpertemperatur wird dabei stark herabgesetzt, die Frequenz von Herzschlag und Atmung sind stark reduziert.

Winterschlaf ist bekannt von Fledermäusen, Hörnchen, Mäuseartigen, Bilchen, Springmäusen und manchen Springbeutlern. Von den Insektivoren halten nur die Stacheligel echten Winterschlaf. Winterschlafähnliche Zustände sind von Beutelratten, manchen Insektivoren, Bibern und einigen Raubtieren bekannt.

Bei Vögeln ist Winterschlaf nur bei einer einzigen Art, dem im Westen der U.S.A. vorkommenden Poor-Will (*Phalaenoptilus nuttallii*) aus der Familie der Nachtschwalben bekannt (GRZIMEK 1980). Allerdings sind bei verschiedenen Arten hauptsächlich aus den Familien der Caprimulgiformes und Apodiformes Stoffwechsellanpassungen beobachtet worden, die einem kurzen Winterschlaf ähneln. Im einzelnen konnte dieser als Torpor bezeichnete Zustand bei 5 verschiedenen Nachtschwalbenarten (PRINZINGER 1990), bei 2 Seglerarten (PRINZINGER 1990), bei allen bisher untersuchten Kolibriarten (PRINZINGER 1990, PRINZINGER et al. 1986, SCHUCHMANN & PRINZINGER 1988), bei allen bisher untersuchten Mausvogelarten (PRINZINGER 1990, HOFFMANN & PRINZINGER 1984) und 5 Schwalbenarten (PRINZINGER 1990, PRINZINGER & SIEDLE 1986) nachgewiesen werden. Torpor tritt im Gegensatz zum echten Winterschlaf immer nur in einer kurzen Periode von wenigen Stunden auf.

### 1.3 Schaffen von Wintervorräten

Eine andere Strategie, futterarme Zeiten zu überdauern, ist es, in Zeiten eines reichlichen Futterangebots Wintervorräte zu schaffen, die dann bei Futterknappheit gefressen werden. Diese Strategie ist recht weit verbreitet. Auch von manchen Tieren, die Winterschlaf halten, werden zusätzlich Vorräte gesammelt, die dann in Perioden, in denen das Tier aufwacht, gefressen werden.

In Tabelle 1 (am Ende der Einleitung) sind die Säugetier- und Vogelfamilien zusammengefaßt, von denen bekannt ist, daß einzelne Arten Vorräte anlegen.

---

Beim Anlegen von Vorräten gibt es verschiedene Vorgehensweisen. Manche Arten sammeln immer nur wenige Futterpartikel, die sie in weit verstreuten Lagern verstecken. Andere wiederum legen große Lager an oder sammeln nur ein oder wenige Beutestücke, die sie dann relativ bald nach dem Sammeln verzehren.

Hierbei fällt auf, daß bei Vögeln aus den Familien der Meisen (Paridae) und der Rabenvögel (Corvidae) besonders viele Arten Vorräte schaffen. In der folgenden Arbeit werden der Eichelhäher (*Garrulus glandarius*), der Kiefernhäher (*Nucifraga columbiana*) und die Sumpfmeise (*Parus palustris*) auf dieses Verhalten hin näher betrachtet. Vor allem soll untersucht werden, wie sich die Vögel beim Schaffen und Ausbeuten der Vorräte orientieren, das heißt, wie sie die Vorratsstellen wiederfinden.

## 2. Orientierung von Vögeln

Die meisten Vögel können sich durch ihr Flugvermögen im Raum über weite Strecken bewegen. Dies setzt allerdings die Fähigkeit voraus, sich im Raum orientieren zu können.

### 2.1. Kompaßsysteme

Zur Orientierung sind bei Vögeln drei Kompaßsysteme nachgewiesen worden:

- a) der Sonnenkompaß (KRAMER 1952; SCHMIDT-KOENIG 1958)
- b) der Sternkompaß (EMLEN 1967) und
- c) der Magnetkompaß (MERKEL & WILTSCHKO 1965; WILTSCHKO 1968).

Bei Brieftauben konnte der Gebrauch des Sonnenkompasses (KRAMER & RIESE 1952) und des Magnetkompasses (KEETON 1971) nachgewiesen werden.

---

--

--

### 2.1.1 Sonnenkompaß

Als ein System, aus dem Kompaßrichtungen abgeleitet werden können, bietet sich die tägliche Bahn der Sonne an. Auf der Nordhalbkugel geht die Sonne morgens im Osten auf, steht mittags im Süden und geht abends im Westen unter. Wenn die Tageszeit bekannt ist, läßt sich also aus dem Sonnenstand auf Himmelsrichtungen schließen.

Bereits 1952 wies KRAMER nach, daß zugunruhige Stare (*Sturnus vulgaris*) die Sonne zur Orientierung benutzen. Im gleichen Jahr gelang es KRAMER & RIESE (1952), Brieftauben (*Columba livia*) auf Kompaßrichtungen in Bezug auf die Sonne zu dressieren. Später zeigte SCHMIDT-KOENIG (1958 & 1961), daß dieser zeitkompensierte Sonnenkompaß von Brieftauben auch während der Flüge zum Heimatschlag genutzt wird.

### 2.1.2 Sternenkompaß

Nachts läßt sich anhand des Standes und der Bewegung der Sterne und Sternbilder auf Himmelsrichtungen schließen. Ein Nachweis, daß Zugvögel in der Lage sind, sich mit Hilfe des Sternenhimmels zu orientieren, gelang SAUER (1957) bei mehreren Grasmückenarten (*Sylvia spec.*). Im Gegensatz zum Seemann, der anhand des Höhenwinkels des Gestirns über der Kimm und des Azimutwinkels des Gestirns auf den Standort schließen kann (STREPP 1990), verwenden Vögel den Rotationsmittelpunkt des Sternenhimmels zur Orientierung. Dies nachzuweisen gelang zuerst EMLLEN (1970) mit handaufgezogenen Indigofinken (*Passerina cyanea*). Er stellte fest, daß Vögel, die unter einem künstlichen Sternenhimmel aufgezogen wurden, der um den hellen Stern Betelgeuze im Sternbild des Orion rotierte, und die dann im folgenden Herbst unter demselben Himmel getestet wurden, sich von diesem Rotationsmittelpunkt weg orientierten. Dabei schenkten sie dem ebenfalls sichtbaren Polarstern keinerlei Beachtung.

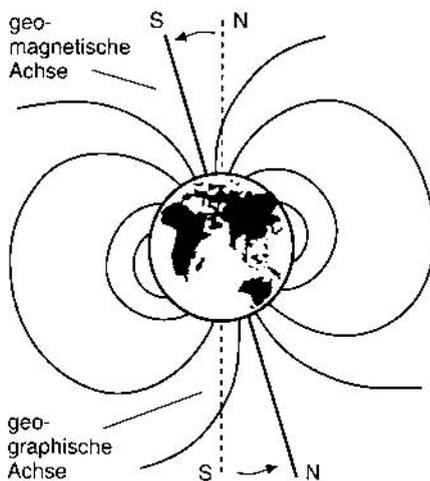
Es stellte sich später heraus, (WILTSCHKO et al. 1989). daß der Sternenkompaß in einer sensiblen Phase der Entwicklung gelernt wird, und daß vom Vogel Informationen des Sternenkompasses mit denen des Magnetkompasses abgeglichen werden.

---

--

### 2.1.3 Magnetkompaß

Auch das Magnetfeld der Erde bietet ein Bezugssystem, über das Kompaßrichtungen abgeleitet werden können. Das Erdmagnetfeld ist ein Dipolfeld, dessen Pole allerdings nicht mit den Rotationspolen der Erde übereinstimmen, sondern versetzt sind (SKILES 1985; siehe auch Abbildung 1). Der magnetische Nordpol befindet sich heute in Nordkanada und war in der Vergangenheit starken Verschiebungen ausgesetzt (SKILES 1985). Die magnetischen Feldlinien verlassen die Erde am antarktischen Pol, laufen in einem Winkel von  $11^\circ$  zu den Meridianen und treffen am magnetischen Nordpol wieder auf die Erdoberfläche. An den Polen stehen die magnetischen Feldlinien also senkrecht zur Erdoberfläche und am magnetischen Äquator laufen sie parallel dazu. Der Neigungswinkel des magnetischen Feldvektors gegen die Horizontebene wird Inklination genannt. Die Inklination beträgt also an den magnetischen Polen  $90^\circ$  und am Äquator  $0^\circ$ . Außer dieser Richtungsinformation bietet das Erdmagnetfeld noch eine zweite Information: die magnetische Feldstärke. Die Feldstärke ist an den Polen am stärksten und nimmt zum magnetischen Äquator gleichmäßig bis etwa zur Hälfte der Feldstärke an den Polen ab. Die Totalintensität beträgt an den Polen etwa 60000 nT (nano Tesla) und am Äquator 30000 nT. Eine Skizze der Lage des Erdmagnetfeldes zeigt Abbildung 1.



*Abbildung 1: Lage des Erdmagnetfeldes. Die Achse des Erdmagnetfeldes ist gegen die Drehachse des Planeten um  $11^\circ$  geneigt. Aus: SCHALCH & SCHARMANN (1994).*

Im Gegensatz zur Orientierung durch Sonnenkompaß (nur tagsüber) und Sternkompaß (nur nachts) bietet die Orientierung anhand des Erdmagnetfeldes den großen Vorteil, daß Informationen des Erdmagnetfeldes immer zur Verfügung stehen. Außerdem kann diese Informationsquelle auch unabhängig vom Bewölkungsgrad des Himmels herangezogen werden.

Obwohl das Erdmagnetfeld als ein möglicher Orientierungsfaktor schon seit Mitte des letzten Jahrhunderts diskutiert wird (MIDDENDORF 1859; VIGUIER 1882), wurde lange Zeit bezweifelt, daß

---

Vögel das Erdmagnetfeld als Kompaßsystem benutzen. Bei Zugvögeln gelang es erstmals Wolfgang Wiltschko, an Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*) eine Orientierung nach dem Magnetkompaß nachzuweisen (WILTSCHKO & MERKEL 1965; WILTSCHKO 1968). Weitere Versuche ergaben, daß der Magnetkompaß der Rotkehlchen sehr genau auf das sie umgebende Feld angepaßt ist (WILTSCHKO 1978). Schon bei Intensitätsveränderungen von 30% können sie das Feld zunächst nicht zur Orientierung einsetzen. Erst nach einer Gewöhnungsphase von 3 Tagen oder länger war es ihnen wieder möglich, sich anhand des Magnetfeldes zu orientieren. Andere Versuche ergaben, daß sich Zugvögel nicht an der Polarität des Erdmagnetfelds orientieren, sondern anhand der Inklinatation (z.B. WILTSCHKO & WILTSCHKO 1972). Sie unterscheiden also eigentlich nicht zwischen "Nord" und "Süd" sondern zwischen "polwärts" und "äquatorwärts". Dieser Mechanismus hat den Vorteil, daß auch bei einer Umpolung des Erdmagnetfelds die artgerechte Zugrichtung beibehalten werden kann. Dies hat grundlegende Konsequenzen für die Evolution des Vogelzugs, wenn man bedenkt, daß sich die Polarisatation des Erdmagnetfelds innerhalb der letzten 5 Millionen Jahre mindestens 23 mal umgekehrt hat (SKILES 1985). Neuere Untersuchungen an australischen Gelbgesichtshonigfressern (*Lichenostomus chrysops*) (MUNRO & WILTSCHKO 1993) und Brillenvögeln (*Zosterops lateralis*) (WILTSCHKO et al. 1993) verdeutlichen, daß auch Zugvögel der südlichen Hemisphäre einen magnetischen Inklinationskompaß gebrauchen. Dies führte zu der Überlegung, daß Zugvögel von der nördlichen und südlichen Hemisphäre ein gemeinsames Zugprogramm besitzen, das auf dem magnetischen Inklinationskompaß basiert (siehe WILTSCHKO et al. 1993). Bei Zugvögeln gibt es, ähnlich wie bei Brieftauben, Abgleichmechanismen zwischen dem Magnetkompaß und anderen Kompaßmechanismen (WILTSCHKO et al. 1983).

KEETON (1971) gelang der Nachweis, daß Brieftauben auch bei der Anfangsorientierung das Magnetfeld der Erde als Kompaßsystem benutzen. In weiteren Versuchen konnte dann gezeigt werden, daß bei jungen Brieftauben der Magnetkompaß das grundlegende Kompaßsystem darstellt (WILTSCHKO et al. 1981) und der Sonnenkompaß erst im Laufe der Jugendentwicklung in einer sensiblen Phase erlernt wird (WILTSCHKO & WILTSCHKO 1981). Beim Erlernen des Sonnenkompasses scheint es zu Eichungsprozessen zwischen dem Sonnen- und Magnetkompaß zu kommen (WILTSCHKO et al. 1983).

---

--

--

## 2.2 Orientierung von Brieftauben

Von allen Orientierungssystemen bei Vögeln ist das der Brieftauben am besten erforscht. Das liegt nicht zuletzt daran, daß Brieftauben leicht zu züchten sind, und daß sich mit beschränktem Aufwand eine Fülle von Experimenten durchführen läßt.

Frühe Theorien der Brieftaubenorientierung ließen sich nicht aufrecht erhalten:

a) HEINROTH und HEINROTH (1941), die davon ausgingen, daß aufgelassene Brieftauben solange "suchen" würden, bis sie zufällig auf familiäres Terrain stoßen, um von diesem Ort aus heimzuzufiegen,

b) YEAGLEY (1947), der annahm, daß sich Brieftauben anhand eines unregelmäßigen Gitters, das Corioliskraft und Erdmagnetfeld bilden, orientieren und

c) MATTHEWS (1953), der die Hypothese aufstellte, daß Tauben anhand des absoluten Sonnenbogens (Elevation der Sonne) ihren Standort in Relation zum Schlag feststellten.

### 2.2.1 Karte Kompaß Prinzip

Weitere Untersuchungen ergaben, daß die Orientierung von Brieftauben einen zweistufigen Prozeß einschließt. Zuerst wird von der Taube die Heimrichtung als Kompaßrichtung ermittelt. Diese Kompaßrichtung wird dann mit Hilfe eines Kompaßsystems eingehalten. Dieses "Karte Kompaß Prinzip" wurde zuerst von KRAMER (1953) postuliert.

### 2.2.2 Kompaßsysteme

Kramer war der erste, dem es gelang, ein Kompaßsystem bei Brieftauben nachzuweisen, nämlich den Sonnenkompaß (KRAMER & RIESE 1952). Näheres zum Sonnenkompaß siehe unter 2.1.1.. KEETON beschrieb dann 1971 als weiteren Kompaßmechanismus den Magnetkompaß der Brieftauben. Brieftauben, denen er kleine Magneten aufgeklebt hatte, waren nicht in der Lage, sich zu orientieren (KEETON 1971). Näheres zum Magnetkompaß siehe unter 2.1.3..

Damit waren zwei Kompaßmechanismen nachgewiesen, mit deren Hilfe die Taube den zweiten Schritt der Navigation, das Einhalten der ermittelten Kompaßrichtung zum Heimatschlag, bewerkstelligen kann. Durch weitere Versuche gelang es später, den Magnetkompaß als grundlegendes Kompaßsystem zu

---

--

identifizieren, (WILTSCHKO & WILTSCHKO 1981) wogegen der Sonnenkompaß von den jungen Tauben gelernt werden muß (WILTSCHKO et al. 1981).

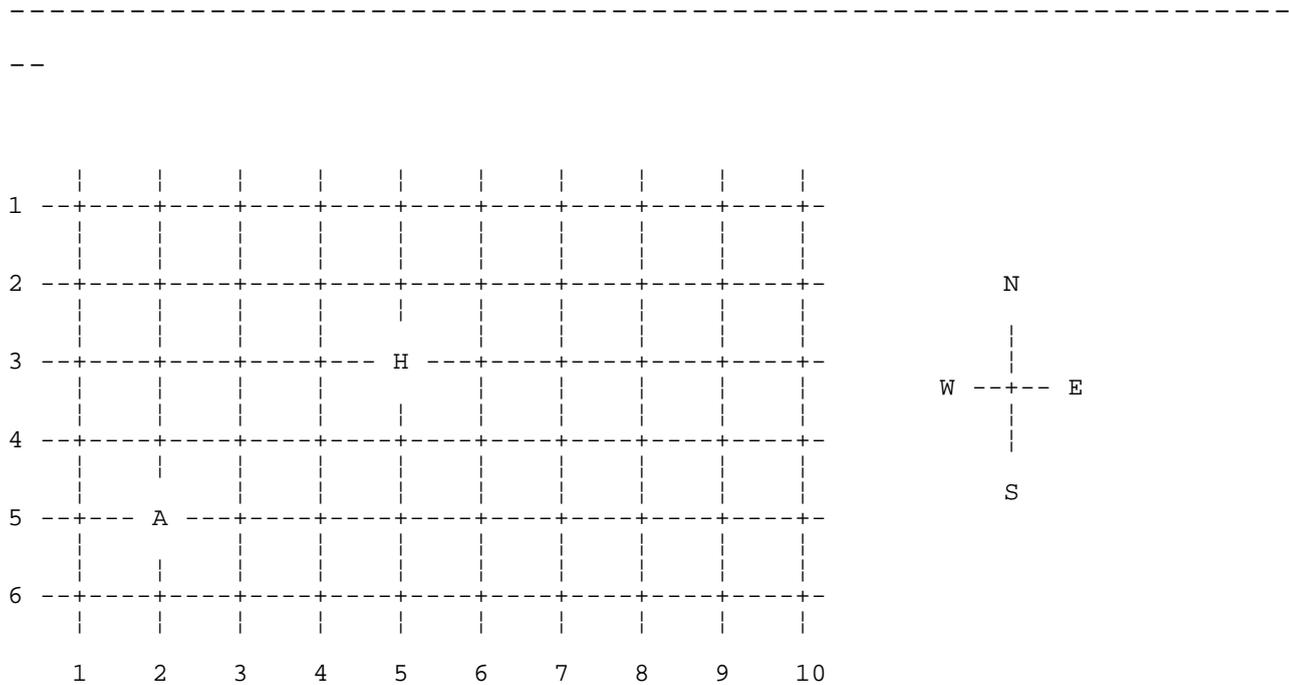
Junge Tauben, die vom Heimatschlag verfrachtet werden, merken sich den Weg der Verfrachtung anhand magnetischer Informationen (R. WILTSCHKO & W. WILTSCHKO 1978; WILTSCHKO & WILTSCHKO 1982; 1985). Werden sie dann aufgelassen, kehren sie diesen Weg um, integrieren eventuelle Umwege, und gelangen mit Hilfe des Magnetkompasses wieder zu ihrem Heimatschlag zurück. Da dieser Prozeß ziemlich genau und außerdem weitgehend frei von Fehlern aus Ortseffekten ist, zeigen junge Tauben in diesem Stadium ihrer Entwicklung hohe Vektorlängen, die ein Maß dafür sind, inwieweit sich diese Tauben über die Heimrichtung einig sind. Sobald die Tauben anfangen, frei umher zu fliegen, beginnen sie, den Sonnenkompaß zu lernen, den sie dann im Alter von etwa 3 Monaten beherrschen (WILTSCHKO & WILTSCHKO 1981; 1985). In diesem Alter wird eine Navigation mit Wegumkehr zugunsten einer Navigation nach dem "Karte Kompaß Prinzip" aufgegeben. Ob es sich bei dem Lernen des Sonnenkompasses und der Benutzung von Ortsinformationen um einen oder um zwei unabhängig voneinander ablaufende Prozesse handelt, ist noch nicht vollständig erforscht (WILTSCHKO & WILTSCHKO 1987).

### 2.2.3 Kartenfaktoren

Im Gegensatz zu den weitgehend erforschten Kompaßmechanismen sind die Faktoren, die von den Brieftauben als Karteninformation herangezogen werden, noch weitgehend unbekannt.

Bereits YEAGLY (1947) und MATTHEWS (1953) gingen davon aus, daß es sich bei dem Navigationsprozess um eine Bikoordinatennavigation handeln müßte. WALLRAFF (1974) und später darauf aufbauend W. WILTSCHKO & R. WILTSCHKO (1978, 1982) setzten voraus, daß eine Navigationskarte auf mindestens 2 Faktoren beruht, die die Taube messen und zur Ortsbestimmung auswerten kann. Diese 2 Faktoren sollten die Form eines Gradientenfeldes haben, in dem sich die Gradienten in einem Winkel schneiden. Die Taube, die ihren Standort bestimmen möchte, kennt nun den Gradientenverlauf und außerdem die absoluten Werte, die die Gradientenfelder am Heimatschlag besitzen.

---



**Abbildung 2: Koordinatensystem mit 2 regelmäßig verteilten Gradienten**

**A: Auflaßort, H: Heimatschlag**

Dies soll anhand von Abbildung 2 erläutert werden. Es sind hier 2 Gradienten aufgezeichnet. Der Wert des einen Gradienten nimmt von Westen nach Osten zu, der des anderen von Norden nach Süden. Wird nun eine Brieftaube am Auflaßort A aufgelassen, muß sie, wenn sie zum Heimatschlag H fliegen will, auf dem West- Ost Gradienten in Richtung höherer Werte fliegen, auf dem Nord- Süd Gradienten in Richtung kleinerer Werte. Die Abbildung zeigt hier einen geradlinigen Gradientenverlauf, wobei sich die beiden Gradientenfelder im rechten Winkel schneiden.

Die Vor-, und Nachteile, dieser Bikoordinatennavigation liegen auf der Hand. Ist der Taube der Gradientenverlauf bekannt, kann sie auch aus einem Terrain außerhalb ihres unmittelbaren Erfahrungsbereichs durch Extrapolation der Gradientenverläufe heimfliegen. Sind allerdings die Gradientenverläufe nicht linear oder nahezu linear, oder liegen gar am Auflaßort starke Anomalien des Gradientenverlaufs vor, ist es möglich oder sogar wahrscheinlich, daß die Taube in ihrer Anfangsorientierung eine Abweichung von der Heimrichtung (= "Release Site Bias") zeigt. Diese Abweichungen treten an bestimmten Orten immer wieder auf (GRÜTER et al. 1982). Bereits KRAMER (1957, 1959) und später KEETON

--  
(1973, 1974) vermuteten einen Zusammenhang zwischen dem Effekt des "Release Site Bias" und Kartenfaktoren.

Die Faktoren, die die Gradienten der Bikoordinatennavigation bilden, konnten bis heute noch nicht exakt identifiziert werden. Als Gradienten der Karte werden vor allem olfaktorische- und magnetische Informationen und neuerdings die Benutzung von Infraschall diskutiert.

Welchen Stellenwert die Geruchsinformationen als Kartenfaktor einnehmen, ist nicht klar. Sie werden sowohl als ein möglicher Gradient in einer Bikoordinatennavigation diskutiert, als auch als lokale Duftfelder einer erweiterten Mosaikkarte. Insbesondere WALLRAFF (1980; 1988) und PAPI (1976; 1982) vermuten, daß Geruchsinformationen als Kartenfaktoren eine Rolle spielen.

Olfaktorische Informationen werden von Brieftauben unterschiedlicher Regionen nicht immer gleich gewichtet. Dies führte zu einer Fülle widersprüchlicher Ergebnisse. Aufgrund dieser Tatsache wurde eine breitangelegte Versuchsserie in Italien, Deutschland und den U.S.A. durchgeführt (WILTSCHKO et al. 1987a; WILTSCHKO et al. 1987b). Dabei zeigte sich, daß Brieftauben unter gleichen Versuchsbedingungen auf den Entzug von Geruchsinformationen in verschiedenen Ländern unterschiedlich reagieren.

Auch Magnetinformationen (LEDNOR 1982; WALCOTT 1982) werden als Kartenfaktoren diskutiert. Außerdem gibt es experimentelle Hinweise dafür, daß außer Geruchs- und Magnetinformationen andere Faktoren in der Karte eine Rolle spielen könnten (WALLRAFF & FOA 1982; WALLRAFF et al. 1986). Kürzlich zeigte sich, daß Infraschall eine gewisse Rolle bei der Orientierung von Brieftauben spielt (SCHÖPS 1991a, SCHÖPS 1991b). Dies könnte bedeuten, daß Tauben Informationen nutzen, die man bisher als Orientierungsfaktoren nicht in Betracht gezogen hatte.

### 2.3 Orientierung von samenversteckenden Vögeln

Wie schon erwähnt, fällt bei Betrachtung von Tabelle 1 auf, daß viele Vogelarten aus den Familien der Meisen (*Paridae*) und der Rabenvögel (*Corvidae*) Nahrungsvorräte anlegen. Insbesondere das Verhalten

---

verschiedener samenversteckender nordamerikanischer Corvidenarten (*Nucifraga columbiana*; *Aphelocoma coerulescens*; *Cyanocitta cristata*; *Cyanocitta stelleri*; *Gymnorhinus cyanocephalus*), der Sumpfmeise (*Parus palustris*) und der Chickadee- Meise (*Parus atricapillus*) wurden des öfteren untersucht.

Die meisten Autoren legten bis jetzt den Schwerpunkt ihrer Untersuchungen auf die Fragestellung, ob beim Wiederfinden der versteckten Samen das Gedächtnis eine Rolle spielt, oder ob die versteckten Samen durch Zufall wiedergefunden werden.

### 2.3.1 Sumpfmeisen

Sumpfmeisen (*Parus palustris*) wurden insbesondere von David Sherry und John Krebs auf ihre Fähigkeit hin untersucht, versteckte Samen wiederzufinden (COWIE et al. 1981; SHERRY et al. 1981; SHERRY et al. 1982; SHERRY 1982; SHETTLEWORTH & KREBS 1982. Zusammenfassende Arbeiten: SHERRY 1985; SHERRY 1987; SHETTLEWORTH 1990).

Freilanduntersuchungen (COWIE et al. 1981) ergaben, daß Sumpfmeisen bis zu mehrere hundert Nahrungspartikel pro Tag verstecken und die meisten Verstecke innerhalb von 24 Stunden wieder ausbeuten. Durch Laborversuche konnte gezeigt werden, daß Sumpfmeisen gezielt nach ihren versteckten Samen suchen, und die Quote, mit der die Samenverstecke ausgebeutet wurden, über einer zufälligen lag (SHERRY et al. 1981).

In weiteren Versuchen wurde festgestellt, daß beim Verstecken und Suchen der Samen das Ortsgedächtnis der Meisen eine entscheidende Rolle spielt, und nicht etwa eine Strategie des Versteckens angewandt wird (SHERRY et al. 1981). Es wurde außerdem gezeigt, daß sich die Vögel nicht nur die Versteckplätze merken, sondern auch, welche Verstecke sie bereits wieder geleert haben (SHERRY 1982).

### 2.3.2 Chickadee Meisen

Chickadee Meisen (*Parus atricapillus*) wurden ebenfalls von David Sherry untersucht (SHERRY 1984, 1987; SHERRY und VACCARINO 1989). Sie sind nahe mit den Sumpfmeisen verwandt.

---

Genau wie Sumpfmeyen sind Chickadee Meyen in der Lage, Nahrung wiederzufinden, die innerhalb von 24 Stunden versteckt wurde (SHERRY 1984). Es ist ihnen außerdem möglich, zwischen Versteckplätzen, die sie schon ausgebeutet haben, und solchen, die noch versteckte Samen enthalten, zu unterscheiden. Weiterhin können sie sich Versteckplätze merken, die von Nahrungskonkurrenten ausgebeutet wurden (SHERRY 1984). Chickadee Meyen sind außerdem in der Lage, sich den Inhalt der Versteckplätze einzuprägen.

Von SHERRY und VACCARINO (1989) wurden Untersuchungen angestellt, in welcher Region des Gehirns sich die Chickadee Meyen ihre Versteckplätze merken. Dabei zeigte sich, daß es sich dabei um die Hippocampusregion handelt.

### 2.3.3 Kiefernhdher

Mit Kiefernhdhern (*Nucifraga columbiana*; amerikanischer Name: Clark's Nutcracker) wurden breitangelegte Untersuchungen zu ihrem Ortsgedächtnis durchgeführt. Insbesondere Russell Balda und Alan Kamil haben eine Fülle von Untersuchungen über das Versteckverhalten dieser Hdherart veröffentlicht (z. B.: BALDA & KAMIL 1988, 1989; KAMIL & BALDA 1985; Übersicht: KAMIL & BALDA 1990b).

Der Kiefernhdher ist die Hdherart, deren Versteckverhalten am genauesten untersucht ist. Die Kiefernhdher verstecken im Herbst zwischen 22000 und 33000 Samen in bis zu 7500 verschiedenen unterirdischen Verstecken (TOMBACK 1977; VANDER WALL & BALDA 1977). Die Samen werden meistens 2-3 cm tief vergraben, wobei die Vögel keinerlei Spuren am Versteckplatz hinterlassen. Die Samenverstecke werden dann während des Winters gezielt aufgesucht und ausgebeutet. Dies stellt eine gewaltige Orientierungsleistung dar. Bei vergleichenden Untersuchungen dreier Hdherarten (BALDA & KAMIL 1989) schnitt der Kiefernhdher in den meisten untersuchten Aspekten am besten ab. Er ist auch ökologisch besonders auf seine versteckten Samen angewiesen.

In verschiedenen Versuchsserien wurde untersucht, wie sich Kiefernhdher bei der Suche der versteckten Samen orientieren. VANDER WALL (1982) konnte zeigen, daß die Tiere bei der Suche keine

---

--

Informationen benutzen, die von den versteckten Samen selbst ausgehen, wie zum Beispiel Geruch. Dagegen spielten in der Versuchsbahn vorhandene Landmarken eine Rolle beim Wiederfinden der Samen.

KAMIL und BALDA (1985) stellten fest, daß Kiefernhäher auch unter Versuchsbedingungen, bei denen die Versteckplätze weitgehend vom Experimentator vorgegeben wurden, in der Lage waren, ihre Samen wiederzufinden. Dies spricht gegen die Hypothese, daß die Häher beim Verstecken eine Vorliebe für einen bestimmten Typ von Versteckplatz haben. Desweiteren zeigte sich, daß die Reihenfolge, in der die Samen versteckt werden, bei der Wiedersuche nicht eingehalten wird. Dies widerspricht der Hypothese, daß die Vögel die versteckten Samen in derselben Reihenfolge wieder ausbeuten, in der sie versteckt werden. In weiteren Untersuchungen wurde dieses Ergebnis zwar relativiert (BALDA & KAMIL 1989), aber eine Bevorzugung bestimmter Versteckplätze spielt eine nur untergeordnete Rolle bei der Orientierung.

In weiteren Experimenten (KAMIL & BALDA 1990a) konnte gezeigt werden, daß während einer Testserie die Genauigkeit, mit der die Vögel ihre versteckten Samen finden, abnimmt. Die Versuchstiere merken sich manche Versteckplätze besser als andere, diese werden dann als erste ausgebeutet. Sind diese Versteckplätze ausgebeutet, nimmt die Genauigkeit beim Wiederfinden ab. Allerdings hat die Reihenfolge, in der die Samen versteckt werden, nichts damit zu tun, ob der Vogel sich einen Versteckplatz gut merken kann oder nicht.

In der freien Wildbahn ist beobachtet worden, daß sich der Kiefernhäher den Ort versteckter Samen für mindestens 9 bis 10 Monate merken kann. Laborversuche bestätigen diese Beobachtungen (BALDA & KAMIL 1992). Kiefernhäher konnten im Labor ihre vorher versteckten Samen nach 7 Tagen, 3, 6 und 10 Monaten wiederfinden. Die Vögel sind also in der Lage, auch nach 10 Monaten ihre Verstecke mit großer Genauigkeit zu lokalisieren.

Diese Versuchsergebnisse lassen darauf schließen, daß sich der Kiefernhäher die Versteckplätze seiner Samen merkt, und nicht etwa durch zielloses Suchen, eine Versteckstrategie oder Informationen, die von den versteckten Samen ausgehen, die Samen wiederfindet.

---

--

--

#### 2.3.4 Buschblauhäher

Auch die in Nordamerika heimischen Buschblauhäher (*Aphelocoma coerulescens*; amerikanischer Name: Scrub Jay) verstecken Samen und sind in der Lage, diese nach mehreren Tagen mit hoher Genauigkeit wiederzufinden (BALDA & KAMIL 1989). Allerdings fanden die Buschblauhäher im Vergleich zu anderen Arten ihre Samen mit einer geringeren Genauigkeit wieder. Wahrscheinlich hängt die Fähigkeit, Samen zu verstecken und diese dann wiederzufinden, stark von der ökologischen Notwendigkeit eines solchen Verhaltens ab. Der Buschblauhäher ist weitaus weniger von seinen versteckten Samenvorräten abhängig als es z. B. der Kiefernhäher ist. Somit scheint auch der Selektionsvorteil, den die Fähigkeit bietet Samen zu verstecken und die versteckten Samen wiederzufinden, nicht so ausgeprägt zu sein.

Beim Buschblauhäher wurde auch untersucht, wie die Gedächtnisinformation zum Wiederfinden der versteckten Samen umgesetzt wird (WILTSCSKO & BALDA 1989). Hierbei zeigte sich, daß die Vögel Informationen des Sonnenkompasses zur Orientierung verwenden.

#### 2.3.5 Weitere Häherarten

Neben Kiefernhähern und Buschblauhähern wurden auch der in Europa lebende Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) (BALDA 1980), der Eichelhäher (*Garrulus glandarius*) (BOSSEMA 1979) und der Nacktschnabelhäher (*Gymnorhinus cyanocephalus*; amerikanischer Name: Piñon Jay) (BALDA & KAMIL 1989) untersucht.

Auch der Tannenhäher ist in der Lage, versteckte Samen gezielt wiederzufinden (BALDA 1980). Dabei spielt weder direktes Sehen noch der Geruch eine Rolle. Die Vögel scheinen kognitive Fähigkeiten zu besitzen, die sie zu ihren Verstecken führen.

Von dem ebenfalls in Europa lebenden Eichelhäher ist bekannt, daß von den Vögeln Eichelverstecke angelegt werden, die dann im Laufe des Winters ausgebeutet werden. Der Eichelhäher trägt mit diesem Verhalten zu einem nicht unwesentlichen Teil zur Ausbreitung der Eichenwälder in Mitteleuropa bei (BOSSEMA 1979).

---

--

Letztendlich wurde auch das Ortsgedächtnis des Nacktschnabelhäher in einer vergleichenden Studie erforscht (BALDA & KAMIL 1989). Auch diese Häherart ist in der Lage, Samenverstecke anzulegen, um sie dann zu einem späteren Zeitpunkt wieder auszubeuten. Die Orientierungsgenauigkeit des Nacktschnabelhäher liegt zwischen der des Kiefernhäher und der des Buschblauhäher.

Alle bisher untersuchten Häherarten waren in der Lage, Samen zu verstecken, und die angelegten Samenverstecke mit einer hohen Genauigkeit auszubeuten. Dies weist daraufhin, daß diese Fähigkeit für Rabenvögel charakteristisch ist. Inwieweit die einzelnen Arten Anpassungsmechanismen zu diesem Verhalten herausgebildet haben, hängt von der ökologischen Notwendigkeit ab, ein solches Verhalten zu zeigen. In vergleichenden Untersuchungen zwischen drei nordamerikanischen Arten (BALDA & KAMIL 1989) stellte sich heraus, daß der Kiefernhäher und der Nacktschnabelhäher morphologisch und psychologisch besser an die speziellen Anforderungen des Versteckens und Suchens von Wintervorräten angepaßt sind als der Buschblauhäher. Die beiden erstgenannten Arten leben im Gebirge und somit in einem Habitat, in dem sie mehr auf ihre versteckten Samen angewiesen sind als der Buschblauhäher, der in flacheren Regionen, in denen die Winter nicht so hart sind, lebt. Wenn Kiefernhäher nicht in der Lage sind, Wintervorräte zu schaffen, oder geschaffene Vorräte im Winter auszubeuten, haben sie keine Chance, den Winter zu überleben.

## 2.4 Ziele der Arbeit

Es erscheint möglich, daß Vögel Kompaßsysteme nicht nur für die Navigation über weite Strecken benutzen, sondern auch in ihrem täglichen unmittelbaren Umgebungsbereich. Mit Zeitumstellungsversuchen ist von GRAUE bereits 1963 nachgewiesen worden, daß Brieftauben den Sonnenkompaß auch noch in Sichtweite des Heimatschlags benutzen (GRAUE 1963). Auch an einem sehr bekannten Ort verwenden Brieftauben zur Orientierung Informationen des Sonnenkompasses und nicht etwa Informationen von Landmarken (FÜLLER et al. 1983).

Daraus läßt sich die Hypothese ableiten, daß Vögel in ihrem unmittelbaren täglichen Umgebungsbereich mit Hilfe von bekannten Landmarken und einem Kompaßmechanismus navigieren. Der Vogel "weiß" die Kompaßrichtungen, die einzelne Landmarken zueinander haben, und navigiert damit

---

--

(WILTSCHKO & WILTSCHKO 1982). Als Landmarken dieser Mosaikkarte sind nicht nur optische Landmarken denkbar, sondern auch Infraschallquellen (SCHÖPS 1991a 1991b), magnetische Anomalien oder Geruchsquellen (z.B. PAPI 1976). Dabei werden von den Tieren verschiedene Informationsquellen unterschiedlich gewichtet oder benutzt (WILTSCHKO et al. 1987). Dieses Modell setzt also den Gebrauch eines Kompaßmechanismus für eine Orientierung im Raum voraus.

Es ist nun denkbar, daß eine Kompaßorientierung nicht nur bei einer Orientierung oder Navigation über längere Strecken, sondern auch beim Verstecken und Suchen von Samen eine Rolle spielt. WILTSCHKO & BALDA (1989) zeigten bereits in einer Pilotstudie, daß der Buschblauhäher beim Verstecken und Wiederausbeuten von Samenvorräten den Sonnenkompaß zur Orientierung benutzt.

Ausgehend von den Versuchsergebnissen dieser Pilotstudie soll in dieser Arbeit untersucht werden, ob Vögel Kompaßmechanismen außer zur Navigation auch im unmittelbaren Umgebungsbereich benutzen. Dazu soll das Samenversteckverhalten von Kiefernhäher, Eichelhäher und Sumpfmeise getestet werden. Es ist erforscht, daß beim Wiederfinden der versteckten Samen das Gedächtnis eine Rolle spielt. In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob bei der Orientierung während des Samenversteckens- und Suchens außer dem Gedächtnis auch Kompaßmechanismen eine Rolle spielen, und welcher Stellenwert ihnen zukommt.

Tabelle 1: Übersicht der Familien, bei denen einzelne Arten Futtermittelvorräte schaffen

Zum Teil abgewandelt aus SHERRY (1985)

Deutsche Namen nach GRZIMEK (1980)

Deutsche Namen in Anführungszeichen vom Verfasser

<u>Familie &amp; Art</u>	<u>Fundstelle</u>
<u>Säugetiere</u>	
<b>Maulwürfe (Talpidae)</b> Maulwurf ( <i>Talpa europaea</i> )	Ewer 1968
<b>Spitzmäuse (Soricidae)</b> Kurzschwanzspitzmaus ( <i>Blarina brevicauda</i> )	Ingram 1942
<b>Kapuzineraffen</b> Totenkopffäffchen ( <i>Saimiri sciureus</i> )	Marriot & Salzen 1979
<b>Pfeifhasen (Ochotonidae)</b> Pika ( <i>Ochotona princeps</i> )	Kawamichi 1976
<b>Stummelschwanzhörnchen (Aplodontidae)</b> Stummelschwanzhörnchen ( <i>Aplodontia rufa</i> )	Ewer 1968
<b>Hörnchen (Sciuridae)</b> Chickaree ( <i>Tamiasciurus douglasii</i> )	Smith 1970
Streifenbackenhörnchen ( <i>Tamias striatus</i> )	Elliot 1978
<b>Taschenratten (Geomyidae)</b> Flachland Taschenratte ( <i>Geomys bursarius</i> )	Nowak & Paradiso 1983
<b>Taschenmäuse (Heteromyidae)</b> Taschenmaus ( <i>Perognatus intermedius</i> )	Reichman & Fay 1983
<b>Bieber (Castoridae)</b> Bieber ( <i>Castor fiber</i> )	Ewer 1968

---

-----

--

-----

--

---

--

<u>Familie &amp; Art</u>	<u>Fundstelle</u>
Kanadischer Bieber ( <i>Castor fiber canadensis</i> )	Easter- Pilcher 1990
<b>Wühler (Cricetidae)</b>	
Weißfußmaus ( <i>Peromyscus leucopus</i> )	Abbott & Quink 1970 Sanches & Reichman 1987
"Berg Phenacomys" ( <i>Phenacomys intermedius</i> )	Nagorsen 1987
"Florida Buschratte" ( <i>Neotoma floridana</i> )	Reichman 1988
<b>Wurzelratten (Rhizomyidae)</b>	
Maulwurfsratten ( <i>Tachyoryctes splendens</i> )	Jarvis & Sale 1971
<b>Mäuse (Muridae)</b>	
Wanderratte ( <i>Rattus norvegicus</i> )	Steiniger 1950
<b>Stachelschweine (Hystrichidae)</b>	
Westafrikanischer Quastenstachler ( <i>Atherurus africanus</i> )	Ewer 1968
<b>Agoutis (Dasyproctidae)</b>	
Gepunktetes Agouti ( <i>Dasyprocta punctata</i> )	Murie 1977
<b>Echte Hunde (Caninae)</b>	
Rotfuchs ( <i>Vulpes vulpes</i> )	Macdonald 1976
<b>Bären (Ursinae)</b>	
Braunbär ( <i>Ursus arctos</i> )	Elgmork 1982
<b>Marder (Mustelidae)</b>	
Amerikanischer Nerz ( <i>Mustela vison</i> )	Erlinge 1969
Fichtenmarder ( <i>Martes americana</i> )	Henry et al. 1990
<b>Hyänen (Hyaenidae)</b>	
Streifenhyäne ( <i>Hyaena hyaena</i> )	Kruuk 1972
<b>Katzen (Felidae)</b>	
Leopard ( <i>Panthera pardus</i> )	Schaller 1972

---

--

Familie & Art

Fundstelle

Vögel

**Habichtartige (Accipitidae)**

Kehlstreifbussard

(*Kaupifalco monogrammicus*)

Brown & Amadon 1968

**Sekretäre (Sagittariidae)**

Sekretär

(*Sagittarius serpentarius*)

Brown & Amadon 1968

**Falken (Falconidae)**

Buntfalke

(*Falco spaverius*)

Mueller 1974

Präriefalke

(*Falco mexicanus*)

Holthuijzen 1990

**Schleiereulen (Tytonidae)**

Schleiereule

(*Tyto alba*)

Reese 1972

**Eulen (Strigidae)**

Rauhfußkauz

(*Aegolius funereus*)

Bondrup - Nielsen 1977

Korpimäki 1987

**Spechte (Picidae)**

Eichelspecht

(*Melanerpes formicivorus*)

MacRoberts & MacRoberts 1976

"Downy Specht"

(*Picoides pubescens*)

Burchsted 1987

**Würger (Laniidae)**

Amerikanischer Raubwürger

(*Lanius ludovicianus*)

Appelgate 1977

Raubwürger

(*Lanius excubitor*)

Yosef & Pinshow 1989

Neuntöter (Rotrückenwürger)

(*Lanius collurio*)

Carlsen 1985

**Fliegenschnäpperartige (Muscicapidae)**

"Südinselrotkehlchen"

(*Petroica australis*)

Powlesland 1980

<u>Familie &amp; Art</u>	<u>Fundstelle</u>
<b>Kleiber (Spechtmeisen) (Sittidae)</b>	
Kleiber ( <i>Sitta europaea</i> )	Dorka 1980
Weißbrustkleiber ( <i>Sitta carolinensis</i> )	Waite & Grubb 1988 Petit et al. 1989
Kappenkleiber ( <i>Sitta canadensis</i> )	Grubb & Waite 1987
<b>Meisen (Paridae)</b>	
Sumpfmeise ( <i>Parus palustris</i> )	Siehe Text
Chickadee- Meise ( <i>Parus atricapillus</i> )	Sherry 1984 Baker et al. 1988 Sherry & Vaccarino 1989 Hitchcock & Sherry 1990
Karolina Meise ( <i>Parus carolinensis</i> )	Petit et al. 1989
Lapplandmeise ( <i>Parus cinctus</i> )	Pravosudov 1986
Weidenmeise ( <i>Parus montanus</i> )	Pravosudov 1986
Tannenmeise ( <i>Parus ater</i> )	Krebs et al. 1990 Shettleworth et al. 1990
Schopfmeise ( <i>Parus bicolor</i> )	Petit et al. 1989
<b>Flötenwürger (Cracticidae)</b>	
Südwestaustralischer Weißrücken- Flötenvogel ( <i>Gymnorhina dorsalis</i> )	Robinson 1956
<b>Paradies und Laubenvögel (Paradisaeidae)</b>	
Gelbhaubengärtner ( <i>Amblyornis macgregoriae</i> )	Pruett-Jones & Pruett-J. 1985

---

--

--  
**Rabenvögel (Corvidae)**

Kiefernhäher (Clark's Nutcracker) Siehe Text  
(*Nucifraga columbiana*)

Tannenhäher Holtmeier 1966  
(*Nucifraga caryotactes*) Balda 1980

Eichelhäher Siehe Text  
(*Garrulus glandarius*)

**Familie & Art**

**Fundstelle**

**Rabenvögel (Corvidae)**

Blauhäher (Blue jay) Johnson & Webb 1989  
(*Cyanocitta cristata*)

Schwarzkopfhäher (Steller's Jay) Vander Wall & Balda 1981  
(*Cyanocitta stelleri*)

Buschblauhäher (Scrub jay) Vander Wall & Balda 1981  
(*Aphelocoma coerulescens*) Balda & Kamil 1989

Florida Buschblauhäher DeGange et al. 1989  
(*Aphelocoma coerulescens coerul.*)

Nacktschnabelhäher (Pinyon jay) Vander Wall & Balda 1981  
(*Gymnorhinus cyanocephalus*) Balda & Kamil 1989

Elster Waite 1985  
(*Pica pica*) Buitron & Nuechterlein 1985

Saatkrähe Waite 1985  
(*Corvus frugilegus*)

Aaskrähe Waite 1985  
(*Corvus corone*)

Nebelkrähe Fjeld & Sonerud 1988  
(*Corvus corone cornix*)

Sundkrähe James & Verbeek 1983, 1984  
(*Corvus caurinus*)

Kolkrabe Kilham 1988  
(*Corvus corax*)

Meisenhäher (Gray Jay) Waite 1988  
(*Perisoreus canadensis*) Bunch & Tomback 1986

-----

--

-----

--

## MATERIAL UND METHODE

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Versuche wurden in Flagstaff, Arizona, U.S.A. (35° 15' N; 111° 45' W) und in Frankfurt am Main BRD (50° 08' N; 08° 40' E) durchgeführt. Die Versuche mit Kiefernhäher fanden in den Jahren 1988 bis 1990 in Flagstaff statt. Die Versuche mit Sumpfmehsen (1988 bis 1990) und mit Eichelhäher (1990 und 1991) erfolgten in Frankfurt am Main.

### 1. Versuchstiere

Im Laufe der Untersuchungen habe ich mit 3 verschiedenen Vogelarten gearbeitet:

dem Kiefernhäher (*Nucifraga columbiana*)

dem Eichelhäher (*Garrulus glandarius*) und

der Sumpfmehse (*Parus palustris*).

#### 1.1 Der Kiefernhäher

Der Kiefernhäher (*Nucifraga columbiana*; Amerikanischer Name: Clark's Nutcracker) gehört zur Unterordnung Singvögel (Oscines), Familie Rabenvögel (Corvidae), Gattung *Nucifraga*.

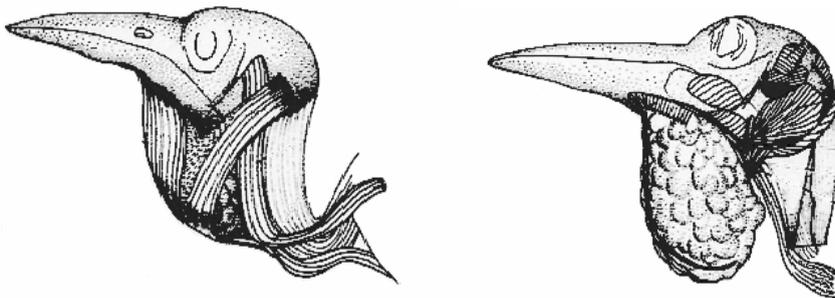
Der Kiefernhäher hat ein Gewicht von ca. 160 gr und eine Größe von 30 - 32 cm. Das Verbreitungsgebiet des Kiefernähers erstreckt sich vom südlichen Britisch Kolumbien und Alberta in Canada nach Süden bis Kalifornien, Arizona und dem nordwestlichen Mexiko (ROBBINS et al. 1983). Der Kiefernhäher lebt in Nadelwäldern der Mittel- und Hochgebirge nahe der Baumgrenze.

Der Kiefernhäher ist ein Strichvogel, der aber in Jahren, in denen die Kiefersamenernte knapp ausfällt oder in denen keine Kiefersamen vorhanden sind, in großen Zahlen wandert. Bei diesen Wanderungen kann sogar der Pazifik erreicht werden (UDWARDY 1977).

Die beiden Arten der Gattung *Nucifraga*, der Kiefernhäher und sein europäischer Verwandter der Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*), besitzen als morphologische Anpassung an den Transport von Kiefersamen über größere Strecken einen dehnbaren Kehlsack unter der Zunge (BOCK et al. 1973). Dabei kann der Tannenhäher mit einem vollen Kehlsack 15 km zurücklegen. Der Kiefernhäher ist sogar in

-----  
--

der Lage, mit einem vollen Kehlsack 22 km zurückzulegen (BALDA 1980). VANDER WALL & BALDA (1977) berichten, daß der Kiefernhäher durchschnittlich 55 Piñon Pine (*Pinus edulis*) Samen transportiert, die zusammen ein durchschnittliches Gewicht von 11,1 gr haben. Abbildung 3 zeigt die Morphologie des Kehlsacks des Kiefernähers.



*Abbildung 3: Morphologie des dehnbaren Kehlsacks des Kiefernähers. Nach BOCK et al. (1973). Links der Schädel mit den den Kehlsack*

*umgebenden Muskeln, rechts der Schädel mit gefülltem Kehlsack*

Kiefernhäher legen große Wintervorräte von Samen an. Dies versetzt sie in die Lage, schon im zeitigen Frühjahr mit der Brut zu beginnen. Die Brut wird dann mit Futter aus den Wintervorräten groß gezogen. Bei einer anderen nordamerikanischen Häherart, dem Meisenhäher (*Perisoreus canadensis*; Amerikanischer Name: Gray Jay) wurde nachgewiesen, daß bei Tieren, die Wintervorräte angelegt hatten, ausgefallene Federn schneller nachwachsen. Weiterhin waren diese Tiere schwerer als solche, die keinen Zugriff auf Wintervorräte hatten (WAITE 1990).

Die in den Versuchen verwendeten Kiefernhäher wurden im Südwesten der Vereinigten Staaten in den Bundesstaaten Utah, Kalifornien, Neu Mexiko und Arizona gefangen. Einige der Tiere stammten direkt aus den San Francisco Peaks, einem Bergmassiv in der unmittelbaren Nähe von Flagstaff. Die Tiere wurden mit Klappfallen gefangen.

Die Vögel befanden sich seit mindestens einem Jahr in Gefangenschaft, bevor die Versuche mit ihnen unternommen wurden. Den Monat und das Jahr der Gefangennahme zeigt die folgende Übersicht:

--

Vogel	Monat/Jahr	Vogel	Monat/Jahr
Hans	1978	Schatzee	11.84
Suess	11.84	Kaltshrank	12.86
Reiner	12.86	Bernd	12.86
Dieter	09.87	Eckhard	09.87
Fritz	09.87	Inga	09.87
Karl- Albert	09.87	Frederick	09.87
Alishka	09.87	Helmut	03.88
Juergen	03.88	Kirstin	03.88
Olga	08.88		

Die Vögel wurden einzeln in großen Käfigen in der natürlichen Photoperiode in klimatisierten Räumen gehalten. Gefüttert wurden sie mit einer Kombination aus geschrotetem Mais, Sonnenblumenkernen, Truthahnaufzuchtfutter und pelletiertem Truthahnfutter. Zusätzlich erhielt jeder Kiefernhäher am Tag ca. 10 Mehlwürmer.

## 1.2 Der Eichelhäher

Der Eichelhäher (*Garrulus glandarius*) gehört zur Unterordnung Singvögel (Oscines), Familie Rabenvögel (Corvidae), Gattung Eichelhäher (Garrulus).

Eichelhäher haben ein Gewicht von 120 bis 192 gr und eine Größe von 34 - 35 cm. Das Verbreitungsgebiet der Eichelhäher erstreckt sich von Mittel- und Südeuropa, über den Maghreb, Kleinasien, einen schmalen Streifen durch ganz Zentralasien, Japan, dem Himalaja und Südostasien ohne der Malaiischen Halbinsel (KEVE 1985). In diesem riesigen Verbreitungsgebiet unterscheidet man je nach Autor zwischen 26 (KEVE 1985) bis zu 34 Unterarten (GRZIMEK 1980). Habitat sind Wälder aller Art und Parklandschaften.

Der Eichelhäher ist ein Stand- oder höchstens Strichvogel. Allerdings ist sowohl aus Deutschland (GATTER 1974), als auch England (JOHN & ROSKELL 1985) und Belgien (SCHMITZ 1986) von invasionsartigen Zügen berichtet worden. Diese Invasionen finden dann statt, wenn die Eichelmast im Herkunftsgebiet ausgeblieben ist (JOHN & ROSKELL 1985).

Als besondere Anpassung an den Transport von Eicheln besitzt der Eichelhäher einen dehnbaren Ösophagus, in dem er Eicheln transportieren kann.

---

Die Versuchstiere wurden zum großen Teil in der Nähe von Bischbrunn im Spessart, 70 km östlich von Frankfurt am Main gefangen. Einzelne Versuchstiere stammten aus Oberursel im Taunus, 15 km nordwestlich von Frankfurt am Main. Die Tiere wurden mit Klappfallen gefangen und sobald wie möglich, spätestens aber einen Tag nach dem Fang, in einen Haltungsraum des Zoologischen Instituts in Frankfurt gebracht.

Die Eichelhäher wurden einzeln in Käfigen mit einer Grundfläche von 50 cm auf 50 cm und einer Höhe von 70 cm in der natürlichen Photoperiode gehalten. Gefüttert wurden sie mit einer Kombination aus geschrotetem Mais, Sonnenblumenkernen, Kükenaufzuchtfutter (Kükenmehl) und pelletiertem Hühnerfutter. Zusätzlich erhielt jeder Eichelhäher am Tag ca. 10 Mehlwürmer. Einmal wöchentlich erfolgte eine Vitamingabe über das Trinkwasser.

### 1.3 Die Sumpfmeise

Die Sumpfmeise (*Parus palustris*) gehört zur Unterordnung Singvögel (Oscines), zur Familie eigentliche Meisen (Paridae), Gattung Waldmeisen (*Parus*).

Sumpfmeisen haben ein durchschnittliches Gewicht von 11 gr und eine Größe von 12,5 cm. Ihr Verbreitungsgebiet erstreckt sich über Mitteleuropa, den Süden von Großbritannien und Skandinavien, dem italienischen Festland und dem Balkan bis in die osteuropäischen Staaten und die Ukraine hinein (HEINZEL et al. 1983). Sie ist ein Bewohner von Wäldern und Parks, wobei eine besondere Bevorzugung von Sumpfgebieten nicht bekannt ist. Die Sumpfmeise ist ein Standvogel.

Die Versuchstiere wurden in der Nähe von Steinau, 70 km nordöstlich von Frankfurt am Main, an einer Fangstelle, an der routinemäßig Singvögel gefangen und beringt werden, mit Japannetzen gefangen. Unmittelbar nach dem Fang wurden sie in Haltungsräume des Zoologischen Institutes in Frankfurt gebracht.

Die Vögel wurden einzeln in großen, hölzernen Käfigen in der natürlichen Photoperiode gehalten. Gefüttert wurden sie mit einer Kombination aus einer handelsüblichen Insektenfressermischung angereichert

---

--  
mit Vitaminen, Eifutter und Obst. Zusätzlich bekamen sie handelsübliches Körnerfutter für Waldvögel (hauptsächlich Sonnenblumenkerne).

Nach Beendigung der Versuche wurden die Tiere wieder an der Fangstelle freigelassen.

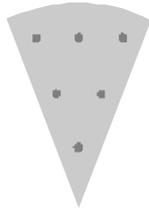
Bei Zweien der acht Versuchstiere gelang nach längerer Zeit ein Wiederfang nach der Freilassung (JAHNEL & SCHMIDT 1992). Dieser Anteil entspricht der natürlichen Wiederfangrate brutorttreuer Individuen. Eine Sumpfmeise wurde fast 1½ Jahre nach dem Auswildern erneut kontrolliert. Eine zweite Sumpfmeise wurde ein halbes Jahr nach der Auswilderung wiedergefangen.

Obwohl die beiden Fälle statistisch nicht repräsentativ sind, läßt sich doch daraus schließen, daß sich die Versuchstiere auch nach längeren Versuchsreihen und einer Verfrachtung von immerhin 70 km in der Natur behaupten können. In den beiden beschriebenen Fällen hielten sich die Tiere wieder im alten Territorium auf. Die Gewichte, die die Meisen beim Wiederfang zeigten, entsprechen den normalen in Steinau bei Sumpfmeisen gefundenen Gewichten.

## 2. Versuchsaufbau

### 2.1 Versuchsvoliere für Kiefernhäher und Eichelhäher

Für die Versuche mit Kiefernhähern und Eichelhähern wurden jeweils fast baugleiche Volieren verwendet. Dabei handelte es sich um einen achteckigen hölzernen Käfig mit einem Durchmesser von 4,90 m und einer Höhe von 2,40 m (Flagstaff) bzw. 2 m (Frankfurt). Der Boden der Volieren war in 8 Segmente unterteilt, die jeweils einen Kreisabschnitt von 45° repräsentierten. Jedes der Segmente enthielt 6 gleichmäßig angeordnete Löcher, in die entweder mit Sand gefüllte Becher oder Stopfen eingesetzt werden konnten. Eine Skizze der Anordnung der Löcher eines Segmentes zeigt Abbildung 4.



*Abbildung 4: Anordnung der Löcher in einem Sektor der Versuchsvoliere.*

Das Dach der Käfige wurde in der Mitte, an dem Schnittpunkt aller Segmente, durch einen Pfosten abgestützt. An den Ecken zwischen den Segmenten waren 8 Sitzstangen angebracht. Die Volieren waren durch einen doppelten Eingang zugänglich. Gegenüber dem Eingang befand sich ein zweiter Scheineingang, der aber nicht benutzt wurde. Es wurde darauf geachtet, daß der Raum innerhalb der Volieren und auch die Volieren selbst so symmetrisch wie nur möglich gebaut waren, um den Versuchsvögeln innerhalb der Volieren keine Orientierungsmöglichkeiten zu bieten.

### 2.1.1 Umgebung der Volieren

Die Versuchsvoliere in Flagstaff war in einem rechteckigen Innenhof zwischen zwei Institutsgebäuden untergebracht. Im Innenhof standen einige Büsche und kleinere Bäume, außerdem enthielt der Hof einen kleinen Tümpel und einige Haltungsvolieren für Häher, die aber während der Versuche nicht in Benutzung waren. Die Gebäude rund um den Innenhof waren unterschiedlich hoch und hatten unterschiedliche Fenster- und Türanordnungen. Der Raum außerhalb der Voliere war daher sehr unregelmäßig gestaltet und enthielt viele unterschiedliche Landmarken. Allerdings wurde der Raum um die Volieren auf allen Seiten von Institutsgebäuden umschlossen. Eine Abbildung der Voliere in Flagstaff zeigt Abbildung 5.



*Abbildung 5: Aufsicht auf die Versuchsvoliere für Kiefernhäher in Flagstaff, Arizona.*

Die Voliere in Frankfurt am Main befand sich auf der Rückseite des Zoologischen Instituts. Sie steht erhöht auf dem Flachdach eines einstöckigen Tierhaltungsgebäudes. Der Abstand vom Institutsgebäude zur Mittelachse der Voliere beträgt 12 m. Außer in Richtung Westen, in dem sich das Institutsgebäude befindet, hat man von der Voliere aus freie Sicht auf die Umgebung. Südlich der Voliere befinden sich einige Birken, im Osten stehen eine Linde und Taubenschläge, im Nordosten schließt sich ein weiteres zweistöckiges Tierhaltungsgebäude an. Die Umgebung der Versuchsvoliere war also auch in Deutschland unregelmäßig und reich an Landmarken. Da nur an einer Seite der Voliere ein Institutsgebäude steht, ist die Umgebung der Voliere in Frankfurt mehr strukturiert und auch wesentlich weiträumiger als die der Voliere in Flagstaff. Eine Abbildung der Voliere in Frankfurt zeigt Abbildung 6.



*Abbildung 6: Aufsicht auf die Versuchsvoliere für Eichelhäher in Frankfurt am Main.*

## 2.2 Versuchskäfig für Sumpfmeisen

Die Sumpfmeisen wurden in einem Käfig getestet, der in seiner Form und Größe dem in der Orientierungsforschung eingesetzten achteckigen Registrierkäfig ähnelte (siehe FROMME 1961 und MERKEL & WILTSCHKO 1965). Der Käfig hatte einen Durchmesser von 1 m und eine Höhe von 30 cm. Er wurde mit einer Plexiglasscheibe abgedeckt und die Seiten waren ebenfalls mit Plexiglas verschlossen. Im Innenraum dieses Käfigs befanden sich 16 senkrechte Stangen aus Nylon. In den Stangen waren jeweils 3 Löcher (Durchmesser 0,8 cm). 2 dieser Löcher waren auf einer Seite der Stange oben und unten angebracht, das dritte Loch befand sich auf der gegenüberliegenden Seite der Stange in der Mitte zwischen den beiden anderen Löchern. Die Löcher waren mit einem schmalen Lederstreifen verschlossen, der von der Sumpfmeise zurückgeklappt werden konnte. Wenn der Streifen nicht zurückgeklappt war, war es der Meise nicht möglich, in das Loch zu sehen. Unterhalb der Löcher befanden sich Sitzstangen. Die Stangen waren in 2 konzentrischen Kreisen rund um den Mittelpunkt des Käfigs angeordnet. Die einzelnen Stangen des Käfigs waren durchnummeriert, so daß jedes Loch leicht zu identifizieren war.

---

Die Anordnung der Stangen im Versuchskäfig war so gewählt, daß ein Innenraum geschaffen wurde, der so symmetrisch wie möglich war. Der Versuchskäfig ist in Abbildung 7 dargestellt.



*Abbildung 7: Versuchskäfig für Sumpfmeisen.*

Der Versuchskäfig für Sumpfmeisen stand in einer Holzhütte hinter dem Zoologischen Institut. Um den Käfig war ein Paar senkrecht aufgestellter Helmholtzspulen aufgebaut, mit dem ein künstliches Magnetfeld erzeugt werden konnte (siehe 4.2). Die Spulen waren durch weiße Tücher abgedeckt, um auch außerhalb des Käfigs eine optisch möglichst homogene Umgebung zu erzeugen. Über dem Käfig war eine Videokamera angebracht. Hiermit wurden die Vögel während des Versuchs aus einem Raum innerhalb des Instituts beobachtet und die Ergebnisse zur späteren Auswertung aufgezeichnet. Beleuchtet wurde die Hütte während der Versuche mittels 4 symmetrisch angebrachter Leuchtstoffröhren von je 36 Watt Anschlussleistung.

--

### 3. Versuchsmethoden

#### 3.1 Kiefernhäher

Am Tag vor einem Versuch wurde den Versuchstieren sämtliches Futter entzogen, der Käfig wurde gesäubert damit der Vogel nicht eventuell versteckte Futterpartikel fressen konnte und sie bekamen nur 5 Mehlwürmer zu fressen. Damit war sichergestellt, daß die Versuchstiere im Versuch hungrig waren.

Die Kiefernhäher wurden einzeln von den Haltungsräumen zur Versuchsvoliere transportiert. Dabei war es bei sämtlichen Versuchen, die 1988 und bei ca. der Hälfte der Versuche, die 1989 durchgeführt wurden, nötig, die Vögel im Auto von den Haltungsräumen des Avian Cognition Laboratory der Northern Arizona University zu dem vorher beschriebenen Innenhof des Instituts zu transportieren. Die Fahrtstrecke betrug etwa 2 km. In der Mitte der Versuchsreihe des Jahres 1989 gelang es dann, Haltungsräume in einem Anbau des Instituts zu benutzen. Dadurch wurde der Transport der Vögel stark verkürzt und vereinfacht.

Jeweils am Anfang eines Versuches wurden Wetterdaten wie Temperatur, Grad der Bewölkung und Wind registriert. Vor jedem Versuch wurde außerdem der Käfig von eventuell von vorherigen Versuchen übrig gebliebenen Samen und Samenschalen gereinigt. Die Vögel wurden einzeln in die Versuchsvoliere entlassen. Dabei wurde darauf geachtet, daß der Vogel nicht immer von der gleichen Stelle, oder in die gleiche Richtung freigelassen wurde. Das Verhalten der Vögel wurde von 2 Beobachtern vom zweiten Stockwerk des Gebäudes aus aufgezeichnet, wobei besonders darauf geachtet wurde, in welchem Sektor sich der Vogel aufhielt und ob er in irgendwelchen Löchern Samen versteckt oder gesucht hatte (siehe unten).

##### 3.1.1 Habituation

Vor den eigentlichen Versuchen wurde ein als "Habituation" bezeichneter Versuch durchgeführt. Hierbei sollte den Versuchsvögeln die Möglichkeit gegeben werden, sich an die Voliere zu gewöhnen und einmal Samen zu verstecken und die versteckten Samen im Folgeversuch zu finden (siehe unten).

---

--

Für die Habituation war dem Vogel die ganze Versuchsvoliere zugänglich. Die Habituation begann mit einer Versteckphase analog zu der in 3.1.2 beschriebenen, in der der Versuchsvogel die Möglichkeit hatte, die Voliere kennenzulernen und Samen in einem beliebigen Becher zu verstecken. Im Gegensatz zu den eigentlichen Versteckversuchen blieb der Vogel in der Habituation solange in der Voliere bis er Samen versteckt hatte. Nur wenn der Vogel kein Interesse an der Voliere oder den ausgestreuten Samen zeigte, wurde die Habituation nach einer Stunde abgebrochen.

Nachdem die Versuchsvögel in der Habituation einen oder mehrere Samen versteckt hatten, wurden sie nach einigen Tagen wieder in die Voliere gelassen und es wurde ein Wiederfindeversuch analog 3.1.3 durchgeführt.

Nachdem die Kiefernhäher zumindest eine Habituation erfolgreich abgeschlossen hatten, wurden mit ihnen die eigentlichen Versuche, die aus einer Versteckphase und einer Wiederfindephase bestanden, durchgeführt.

### 3.1.2 Versteckphase

In der Versteckphase wurden nur in einem oder in zwei benachbarte Sektoren mit Sand gefüllte Becher in die Löcher des Bodens eingesetzt. Die anderen Löcher wurden mit Stöpseln verschlossen, so daß es den Vögeln nicht möglich war, in ihnen Samen zu verstecken. In der Mitte der Voliere wurden 50 Piñon Pine (*Pinus edulis*) Samen gleichmäßig um die Mittelsäule verteilt. Danach wurde der Versuchsvogel in die Voliere gelassen. Die Beobachter protokollierten, wieviele Samen der Vogel fraß, und ob er Samen in den mit Sand gefüllten Bechern versteckte. Nachdem der Versuchsvogel in mindestens 2 unterschiedlichen Bechern Samen versteckt hatte, wurde er aus der Voliere herausgefangen. Hatte er innerhalb einer halben Stunde keine Samen versteckt, wurde der Versuch abgebrochen, um an einem der nächsten Tage wiederholt zu werden. Abbildung 8 zeigt den Boden der Voliere mit den deutlich sichtbaren Sandbechern und Stöpseln.



*Abbildung 8: Boden der Versuchsvoliere in Flagstaff*

### 3.1.3 Wiederfindephase

Nachdem der Kiefernhäher erfolgreich in 2 oder 3 Sandbechern Samen versteckt hatte, wurde er wieder in den Haltungsraum zurückgebracht und verblieb dort 5 Tage. Danach kam er wiederum in die Versuchsvoliere, in der zum Suchen der Samen nun sämtliche Löcher des Bodens mit Sandbechern versehen waren. In den Bechern, in denen der Kiefernhäher vorher Samen versteckt hatte, waren jeweils, ungeachtet der Anzahl von Samen, die der Vogel versteckt hatte, 2 Samen versteckt worden. Der Vogel wurde jetzt wie oben beschrieben in die Voliere gelassen und es wurde protokolliert, in welchen Löchern der Vogel nach Samen gesucht hat. In der anschließenden Auswertung der Versuche wurde nur der erste Besuch eines Bechers gewertet. Wurde im Verlauf des Versuchs ein Becher zum zweiten Mal besucht, hatte dieser Besuch keine Auswirkung auf das Versuchsergebnis.

### 3.2 Eichelhäher

Anfänglich waren mit den Eichelhähern Versuche geplant, die denen mit Kiefernhähern entsprechen sollten. Leider gelang es nicht, die Eichelhäher dazu zu bewegen, Samen in den sandgefüllten Bechern zu

---

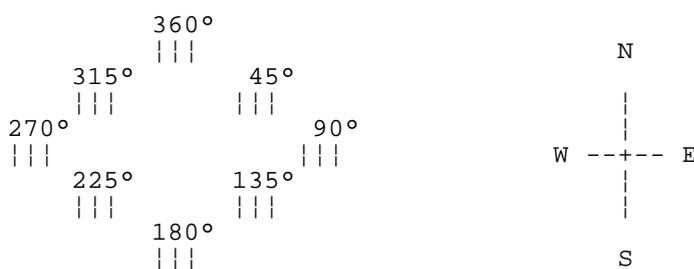
--

verstecken. Nach einer Vielzahl von ergebnislosen Versuchen im Sommer und Herbst 1990 wurde ab Januar 1991 die von BENNETT (1990) beschriebene Versuchstechnik eingesetzt, bei der die Eichelhäher vor den eigentlichen Versuchen eine Trainingsphase durchliefen.

Analog zu den Versuchen mit Kiefernhähern wurde den Versuchstieren am Tag vor einem Versuch das Futter entzogen und der Käfig wurde gesäubert, damit der Vogel nicht eventuell versteckte Futterpartikel fressen konnte und sie bekamen nur 5 Mehlwürmer zu fressen. Damit sollte sichergestellt werden, daß die Versuchstiere im Versuch hungrig waren.

### 3.2.1 Trainingsphase

Da es nicht möglich war, die Vögel dazu zu bewegen, selbsttätig Samen zu verstecken, wurden 8 mit Sand gefüllte Plastikwannen (Katzentoiletten) in die Voliere gebracht. Die Wannen maßen 49 x 35 x 10 cm (B x T x H). In jeder Wanne befand sich an der Schnittstelle der Wannendiagonalen ein ebenfalls mit Sand gefüllter Becher mit einem Durchmesser von 6,5 cm. Die Löcher im Boden waren während aller Versuche mit Stöpseln verschlossen. Jeder Wanne wurde ein Winkel zugeordnet, um in der Lage zu sein, die Versuche statistisch auszuwerten. Die Abbildung 9 zeigt die Zuordnung der Winkel zu den einzelnen Wannan:



**Abbildung 9: Zuordnung der Winkel und Himmelsrichtungen zu den einzelnen Wannan**

In einen Becher, der für jeden Häher vor den Versuchen individuell bestimmt wurde, und der während sämtlicher Versuche beibehalten wurde, wurden nun 6 Erdnüsse offen auf den Sand gelegt. Danach wurde

---

--

der hungrige Eichelhäher in die Voliere gelassen. Nachdem der Eichelhäher die Erdnüsse gefressen hatte, wurden im folgenden Versuch am nächsten Tag die Erdnüsse ein wenig in den Sand gedrückt. Diese Prozedur wurde nun solange fortgesetzt, bis die Samen gänzlich von Sand bedeckt waren. Nun mußte der Vogel in 4 aufeinanderfolgenden Versuchen die Erdnüsse finden. Damit war die Trainingsphase abgeschlossen.

### 3.2.2 Versuche

Nachdem die Eichelhäher die Trainingsphase erfolgreich durchlaufen hatten, wurden sie einer von zwei Gruppen zugeordnet. Eine Gruppe begann die Testserie mit einem Kontrollversuch (siehe 3.2.2.1), die andere Gruppe begann den Versuchszyklus mit einem Zeitumstellungsversuch (siehe 4.1).

Die Eichelhäher wurden von ihrem Haltungsraum zur Versuchsvoliere in einem Pappkasten transportiert. Pro Versuch wurde ein Vogel in die Voliere entlassen. Danach beobachtete ich sämtliche Aktivitäten des Vogels von einem Balkon des Instituts aus. Die Aktivitäten des Vogels wurden auf einem Diktiergerät festgehalten und später auf einem standardisierten Protokollbogen (siehe Anhang) erfaßt.

#### 3.2.2.1 Kontrolle

Bei der Kontrolle mußte der Vogel analog zur Trainingsphase 6 verdeckte Erdnüsse in seinem antrainierten Becher finden. Es wurden sämtliche Besuche des richtigen Bechers und auch sämtliche Fehler protokolliert. Nach dem Kontrollversuch kamen die Tiere in einen Raum, in dem den Vögeln durch photoperiodische Manipulationen die innere Uhr verstellt wurde ((Zeitumstellung) für nähere Einzelheiten, siehe 4.1). Bei der Vogelgruppe, bei der dem Versuchsablauf keine Kontrolle vorausgegangen war, wurde nach den Zeitumstellungsversuchen unter der natürlichen Photoperiode, ein Kontrollversuch vorgenommen.

Nachdem ein Eichelhäher die Testphase von Kontrolle, Zeitumstellung und Normalisierung (Zurückversetzen in die natürliche Photoperiode) durchlaufen hatte, mußte er wieder eine Serie von 4 fehlerfreien Versuchen durchlaufen, um die Qualifikation für eine weitere Testphase zu erlangen.

---

--

### 3.3 Sumpfmeisen

Den Sumpfmeisen wurde 2 Stunden vor Versuchsbeginn das Futter entzogen, so daß sie hungrig in den Versuch kamen. Vor jedem Versuch wurde der Käfig von eventuell von vorherigen Versuchen übrig gebliebenen Samen und Samenschalen gereinigt. Außerdem wurde der Versuchskäfig regelmäßig gedreht, so daß eine andere Stange nach Norden zeigte. Diese "Nordstange" wurde im Protokoll vermerkt. Damit sollte sichergestellt werden, daß die Tiere nicht in der Lage waren, etwaige Unregelmäßigkeiten des Versuchskäfigs zur Orientierung zu benutzen.

#### 3.3.1 Versuchsdurchführung

Die hungrige Meise wurde im dunklen Versuchsraum in den Versuchskäfig gesetzt. Bei laufender Videoanlage wurde nun vom Beobachtungsraum aus das Licht eingeschaltet. In den Versuchen, in denen die Meisen Samen verstecken sollten, wurden sie zur Erhöhung ihrer Motivation zunächst 1 Stunde ohne Sonnenblumenkerne in den Versuchskäfig gelassen. Danach wurden 30 Sonnenblumenkerne in einem kleinen Schälchen in die Mitte des Versuchskäfigs gestellt. Über die Videoanlage beobachtete ich nun, wo und wieviele Samen der Versuchsvogel versteckte. Nachdem mindestens zwei Samen versteckt worden waren, wurde das Licht gelöscht und die Meise wurde aus dem Versuchskäfig gefangen.

In den Versuchen, in denen die Sumpfmeisen versteckte Samen wiederfinden sollten, wurden in den entsprechenden Löchern Samen versteckt (siehe auch 4.2 und 4.3). Danach wurde die Meise im Dunkeln in den Käfig gesetzt und bei laufender Videoanlage der Versuch gestartet, indem das Licht angeschaltet wurde. Vor dem Bildschirm wurde auf ein Diktiergerät die Bezeichnung der Löcher aufgezeichnet, die die Meise besuchte. Nach dem Versuch wurde das Videoband zur Auswertung des Versuchs zu Rate gezogen. Sämtliche Aktionen wurden auf einem standardisierten Protokollblatt (siehe Anhang) aufgezeichnet.

#### 3.3.2 Habituation

Vor den relevanten Versuchen hatten die Meisen eine Habituationsphase zu durchlaufen, in der die Vögel lernen sollten, Sonnenblumenkerne in den Löchern der Stangen zu verstecken und wiederzufinden. Die Tiere wurden solange für jeweils zwei Stunden in den Versuchskäfig gelassen, bis sie einen oder

---

--

--

mehrere Sonnenblumensamen versteckt hatten. Danach mußten die Vögel am nächsten Tag die Samen wieder suchen. Nach erfolgreicher Habituation wurden die Tiere in 2 Versuchsbedingungen getestet. In der ersten Versuchsbedingung wurden die Meisen in einem Magnetfeld getestet, in dem magnetisch Nord nach 120° ESE zeigte. In der zweiten Bedingung wurde die Position eines starken Scheinwerfers verändert (siehe 4.2 & 4.3). Bei den Sumpfmeisen lag zwischen der Versteck- und der Suchphase der Versuche jeweils ein Intervall von einem Tag.

### 3.3.3 Kontrollen

Vor und zwischen den einzelnen Versuchsphasen mußten die Tiere Kontrollversuche absolvieren. In diesen Versuchen versteckten die Meisen Samen in den Löchern, die sie dann am nächsten Tag wiederfinden mußten. Auf dem Protokollbogen wurden hierbei die Fehler registriert.

Neben diesen Kontrollen wurde mit einer der Sumpfmeisen noch eine Versuchsbedingung "Dauerkontrolle" durchgeführt. Im Gegensatz zu den anderen Meisen, bei denen nach einer Kontrolle immer ein Versuch erfolgte, wurde diese Meise ständig unter Kontrollbedingungen getestet. Damit wollte ich klären, ob sich die Genauigkeit des Wiederfindens bei den Tieren im Laufe der Versuche verändert.

## 4. Experimentelle Beeinflussungen

### 4.1 Zeitumstellungsversuche

Sowohl mit Kiefernhähern als auch mit Eichelhähern wurden Zeitumstellungsversuche (Clockshiftversuche) durchgeführt. Das englische Wort "Clockshift" bezeichnet eine Verstellung der inneren Uhr um eine bestimmte Zeitspanne. Bei meinen Versuchen mit Eichelhähern wurde die innere Uhr der Tiere um 6 Stunden vorverstellt, d. h. die Vögel wurden in einem abgeschlossenen lichtdichten Raum für mindestens 5 Tage einer Photoperiode ausgesetzt, in der die Beleuchtung 6 Stunden vor dem natürlichen Sonnenaufgang eingeschaltet und 6 Stunden vor dem natürlichen Sonnenuntergang wieder ausgeschaltet wurde. Brieftauben zeigen nach solch einer Behandlung eine veränderte Abflugrichtung, die je nach Jahreszeit bis zu ca. 90° entgegen dem Uhrzeigersinn betragen kann (SCHMIDT - KOENIG 1958,

---

--

1961). Dies läßt darauf schließen, daß die Tauben zur Orientierung einen zeitkompensierten Sonnenkompaß besitzen.

Bei den Versuchen mit Kiefernhähern wurde den Vögeln die innere Uhr um 6 Stunden zurück verstellt, d. h. die Beleuchtung wurde erst 6 Stunden nach dem natürlichen Sonnenaufgang angeschaltet und 6 Stunden nach dem natürlichen Sonnenuntergang wieder ausgeschaltet. Diese Behandlung bewirkt bei Brieftauben eine Änderung der Abflugrichtung um ca. 90° im Uhrzeigersinn (SCHMIDT - KOENIG 1958, 1961). Sämtliche Versuche mit zeitungestimmten Hähern fanden bei sonnigem Wetter statt.

#### 4.1.1 Kiefernhäher

Die Vögel durften während der natürlichen Photoperiode Samen verstecken. Danach wurde ihnen wie oben beschrieben die innere Uhr verstellt, und es wurde ihnen unter diesen Bedingungen ermöglicht, die Samenverstecke wieder auszubeuten. In der Voliere, in der alle Löcher mit Sandbechern versehen waren, wurden dabei sowohl in den Löchern, in denen von den Kiefernhähern vor der Zeitumstellung Samen versteckt wurden, als auch in den korrespondierenden Löchern, in denen der Häher suchen würde, wenn er Informationen des Sonnenkompasses benutzen würde, 2 Samen versteckt. Dies war unabhängig von der Anzahl der vom Vogel versteckten Samen. Der Vogel wurde solange in der Voliere gelassen, bis er einen vollständigen Satz Samen gefunden hatte. Dieser vollständig ausgebeutete Samensatz wurde als ausgebeutet gezählt und etwa gefundene Samen des anderen Samensatzes wurden als Fehler registriert.

Nach dem Wiederfinden der Samen verblieb der Vogel zunächst in dem Raum mit der geänderten Photoperiode. Am folgenden Tag wurde ihm wieder gestattet, in einem oder 2 Sektoren der Voliere Samen zu verstecken. Nun wurden die Kiefernhäher wieder in den Haltungsraum mit natürlicher Photoperiode gebracht. In einem weiteren Wiederfindeversuch nach 5 Tagen wurden wieder sowohl der vom Vogel versteckte Samensatz, als auch der "gedrehte" Satz angeboten. Der Versuch wurde wiederum solange fortgesetzt, bis der Vogel einen vollständigen Samensatz gefunden hatte.

---

--

#### 4.1.2 Eichelhäher

Nachdem die Eichelhäher in 4 aufeinander folgenden Tests fehlerfrei die richtige Wanne mit den Erdnüssen gefunden hatten, wurde ihnen wie oben beschrieben die innere Uhr verstellt und sie wurden danach wiederum in die Voliere gebracht. Dort waren jetzt sowohl in der "Originalwanne" 6 Erdnüsse, als auch in der Wanne, die um  $90^\circ$  gegen den Uhrzeigersinn versetzt war, was wiederum der Wanne entsprach, in der die Vögel suchen mußten, wenn sie Informationen des Sonnenkompasses zur Samensuche benutzen. Die Vögel wurden exakt 30 Minuten in der Versuchsvoliere gelassen, und es wurden wieder sämtliche Besuche von Wannern mit der Absicht Samen zu finden, registriert. Die Vögel wurden danach sofort in den Raum mit der natürlichen Photoperiode gebracht und nach 5 Tagen wieder getestet. In diesem Versuch waren nur in der antrainierten Originalwanne Erdnüsse vorhanden.

#### 4.2 Versuche im künstlichen Magnetfeld

Mit Sumpfmeisen wurden Versuche unternommen, bei denen die Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes mit Helmholtzspulen um  $120^\circ$  gedreht wurde, das heißt, daß magnetisch Nord bei  $120^\circ$  ESE lag (MERKEL & WILTSCHEK 1965). Sowohl die Vertikalkomponente als auch die Feldstärke des Magnetfeldes blieben unbeeinflusst und entsprachen weiterhin den natürlichen Erdfeldwerten in Frankfurt am Main (0,46 Gauß und  $66^\circ$  Inklination).

Am ersten Versuchstag wurde den Sumpfmeisen analog zu den Kontrollen (3.3.3) die Möglichkeit gegeben, Sonnenblumenkerne in den Löchern der Stangen zu verstecken. Am darauffolgenden Tag wurde dann die Horizontalkomponente des Magnetfeldes um  $120^\circ$  im Uhrzeigersinn gedreht. Ich hatte vor dem Versuch sowohl in den Löchern, in denen die Meise versteckt hatte, als auch in den um  $120^\circ$  versetzten Löchern Sonnenblumenkerne versteckt, um die Annahme zu überprüfen, ob das Tier Informationen der Horizontalkomponente des Erdmagnetfeldes zur Orientierung heranzieht. Der Sumpfmeise wurde dann im gedrehten Magnetfeld gestattet, einen vollständigen Satz Samen zu finden, bevor der Versuch beendet wurde. Nach diesem Versuch versteckten die Meisen in dem magnetisch gedrehten Feld Sonnenblumenkerne, die sie dann im Folgeversuch im normalen Erdmagnetfeld wiederfinden mußten.

#### 4.3 Versuche mit Scheinwerfern

Ebenfalls bei Sumpfmehsen wurde versucht, mit Hilfe starker Scheinwerfer herauszufinden, ob eine Lichtquelle, in der Natur die Sonne, beim Verstecken und Suchen von Samen eine Rolle spielt. Zeitumstellungsversuche kamen bei Sumpfmehsen nicht in Frage. Versuche ergaben, daß sie nach 5 Tagen nicht mehr in der Lage waren, die Samen zu finden, es aber mindestens 5 Tage dauerte, bis die innere Uhr der Versuchstiere zuverlässig verstellt ist (siehe SCHMIDT - KOENIG 1958, 1961).

Es wurden in der südöstlichen und der südwestlichen Ecke des Raums zwei Halogenscheinwerfer mit je 500 Watt Anschlußleistung angebracht. Die Vögel hatten die Möglichkeit, in dem Käfig Samen zu verstecken, während die südöstliche Halogenlampe brannte. Die Leuchtstoffröhren waren während dieser Versuche ausgeschaltet. Nachdem die Mehse Samen versteckt hatten, wurde im Wiederfinderversuch die südwestliche Lampe benutzt. Ich hatte wieder sowohl in den Originallöchern als auch in den korrespondierenden Löchern, die der Position des anderen Scheinwerfers entsprach, Samen versteckt. Der Versuchsvogel blieb nun solange im Versuch, bis ein Satz Samen vollständig gefunden wurde.

Es wurde darauf geachtet, daß die Versuche unter den Lampen immer zur gleichen Tageszeit stattfanden. Damit sollte eine Richtungsverschiebung ausgeschlossen werden, die auftreten würde, falls Kompaßinformationen von den Lampen gewonnen werden, die wie beim Sonnenkompaß einer Zeitkompensation unterliegen (siehe SCHMIDT - KOENIG 1958, 1961).

### 5 Statistische Auswertung

#### 5.1 Mittelrichtung

Die Mittelrichtung ( $\mathbf{a}$ ) einer Stichprobe wurde mit Hilfe von Vektoraddition ermittelt:

$$\mathbf{a} = \arctan \frac{\sum \sin \mathbf{a}_i}{\sum \cos \mathbf{a}_i}$$

---

--

Diese Berechnung wurde zur Auswertung der Versuche an Eichelhähern angewandt. Die Originalwanne, auf die der Vogel trainiert war, wird hier mit 360° bezeichnet, und die anderen Wannen im Uhrzeigersinn fortlaufend, sodaß der Winkel der Wanne rechts neben der Originalwanne 45° beträgt und so fort. Abbildung 9 verdeutlicht dies nochmals.

## 5.2 Vektorlänge

Die Vektorlänge, die ein Maß für die Irrtumswahrscheinlichkeit ist, erhält man durch die Formel:

$$r = \frac{\sqrt{(\sum \cos a_i)^2 + (\sum \sin a_i)^2}}{n}$$

Die Vektorlänge  $r$  ist ein Maß für die Genauigkeit der Wahl des Vogels. Eine Vektorlänge von 1 bedeutet, daß keine Streuung der Werte vorliegt, wogegen eine Vektorlänge von 0 eine hohe Streuung widerspiegelt (BATSCHULET 1981).

## 5.3 CHI<sup>2</sup> Test

Mit dem CHI<sup>2</sup> Test wurde geprüft, ob die gefundene Verteilung sich von einer vorgegebenen unterscheidet (WEBER 1986).

## 5.4 Medianwert

Bei nicht normal verteilten Ergebnissen wurde der Medianwert der Verteilung ermittelt.

## 5.5 Sign-Test

Mit Hilfe des Sign Test wurde überprüft, ob die Differenzen zwischen Kontrollen und zeitverstellten Eichelhähern zufällig verteilt sind oder einer Regelmäßigkeit unterliegen (SACHS 1984).

---

--

## 5.6 Wilcoxon- Test

Mit Hilfe des Wilcoxontestes wurde geprüft, ob sich zwei miteinander verbundene Stichproben voneinander unterscheiden (SACHS 1984).

---

--

## **ERGEBNISSE UND DISKUSSION**

### 1. Kiefernhäher

Mit Kiefernhähern führte ich in den Jahren 1988 bis 1990 insgesamt 352 Versuche unter verschiedenen Versuchsbedingungen durch. Eine Übersicht der Versuche geben die Tabellen I (Versuche des Jahres 1988), II (Versuche des Jahres 1989) und III (Versuche des Jahres 1990) im Anhang.

#### 1.1. Versuchsbedingungen

Die Vögel wurden unter drei verschiedenen Versuchsbedingungen getestet. Am Anfang der Versuche standen in den Jahren 1988 und 1989 Zeitumstellungsversuche (siehe Material und Methode 4.1). In diesen Versuchen wurde den Kiefernhähern, im Gegensatz zu den weiter unten beschriebenen Versuchen mit Eichelhähern, die innere Uhr um 6 Stunden zurückgestellt. Mit Hilfe der Zeitumstellungsversuche sollte zunächst geklärt werden, ob die Vögel auf eine Umstellung ihrer inneren Uhr reagieren und es somit Hinweise auf die Benutzung eines Sonnenkompasses gibt.

Nach den Zeitumstellungsversuchen wurde, ebenfalls im Jahr 1988, eine zweite Serie von Versuchen unternommen. Bei diesen Versuchen versteckten die Vögel, die die Versuche mit veränderter innerer Uhr beendet hatten, entweder im Schatten Piñon Pine Samen, um sie dann im folgenden Versuch unter Sonne wieder zu suchen, oder sie versteckten Samen in der sonnenbeschienenen Voliere und suchten sie dann im Schatten. Mit Hilfe dieser Versuche sollte ebenfalls der Einfluß der Sonne auf die Orientierungsmechanismen der Kiefernhäher untersucht werden.

Im Jahr 1989 unternahm ich eine Versuchsserie, in der die Kiefernhäher nach ihrer Habituation zuerst einen Zeitumstellungsversuch mit um 6 Stunden zurück verstellter innerer Uhr mit einer anschließenden Normalisierung zu absolvieren hatten. Nach ersten positiven Ergebnissen im Jahr 1988 sollten diese Versuche dazu dienen, weitere Daten mit Vögeln zu erhalten, bei denen die innere Uhr verstellt war. Darauf folgte eine Kontrolle, bei der die Häher im Schatten Samen versteckten und in der sonnenbeschienenen Voliere die versteckten Samen suchten. Darauf folgend mußten die Tiere noch einen weiteren Versuch durchlaufen, in dem sie Samen im Schatten versteckten und suchten.

-----

--

--

Im Jahre 1990 führte ich Versuche unter zwei Bedingungen durch. Eine Gruppe Vögel mußte unmittelbar nach der Habituation sowohl in der sonnenbeschienenen Voliere verstecken und suchen, und eine andere Gruppe ebenfalls unmittelbar nach der Habituation in der sonnenbeschienenen Voliere verstecken und danach im Schatten suchen. Diese Versuche sollten dazu dienen, die Ergebnisse der Serien ohne Zeitumstellung in den vorangegangenen Jahren zu vertiefen. Im Jahr 1990 wurden keine Zeitumstellungsversuche durchgeführt.

Die folgenden Abschnitte 1.1.1 bis 1.1.6 stellen zunächst die Ergebnisse der durchgeführten Versuche dar. Danach folgt eine Auswertung der gefundenen Ergebnisse im Abschnitt 1.2 und die Diskussion der Ergebnisse im Abschnitt 1.3.

#### 1.1.1 Kontrollen vor den Zeitumstellungsversuchen

Nachdem die Kiefernhäher habituiert waren, wurde zuerst ein Kontrollversuch durchgeführt. Diese Kontrollversuche dienten dazu, herauszufinden, ob die Genauigkeit, mit der die Vögel die versteckten Samen wiederfanden über einem errechneten Zufallsniveau lagen. Nur wenn dies der Fall ist, lassen sich aus den Versuchen Aussagen über das Orientierungsverhalten der Versuchstiere machen. In sämtlichen nachfolgend beschriebenen Versuchen versteckten die Vögel aktiv die Samen in der Voliere. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der Kontrollversuche.

-----

--

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Bernd	4	7	3	57	8
Dieter	2	28	26	7	4
Dieter (2)	2	7	5	28	4
Eckhard	2	21	19	10	4
Fritz	2	3	1	67	4
Hans	3	7	4	43	6
Helmut	2	16	14	12	4
Inga	3	12	9	25	6
Juergen	3	7	4	43	6
Kaltschrank	2	45	43	4	4
Karl- Albert	2	4	2	50	4
Kirstin	1	15	14	7	2
Schatzee	2	8	6	25	4
Suess	4	19	15	21	8
Summe	14	34	199	165	--

-----

**Tabelle 2: Übersicht der Ergebnisse der den Zeitumstellungsversuchen vorausgehenden Kontrollversuche.**

Aus der Tabelle gehen die Anzahl der versteckten Samen, die Anzahl der ersten Becher- Besuche zum Finden der versteckten Samen, die Anzahl der gemachten Fehler, die Genauigkeit, mit der die Vögel ihre Samen gefunden haben und am Fuß der Tabelle die Summe der einzelnen Ergebnisse hervor. Als erste Besuche werden hier die Besuche eines Bechers bezeichnet, bei denen der Vogel zum ersten Mal in einem Becher nach den versteckten Samen sucht. Kommt der Vogel abermals zum selben Becher und sucht, wurde dies nicht mehr als Besuch gewertet (siehe Material und Methode 3.1.3). Die Genauigkeit ist der Quotient aus der Anzahl der versteckten Samen pro Anzahl der ersten Besuche von Bechern in Prozent. Eine Genauigkeit von 100% bedeutet also, daß der Vogel seine Samen fehlerfrei gefunden hat.

Drei der Vögel zeigten in der ersten Kontrolle eine sehr hohe Fehlerrate, wodurch ihre Genauigkeit unter 10% lag. Allerdings lagen sie dabei immer noch über dem Zufallsniveau. Der Wert des Zufallsniveaus liegt bei:

Anzahl der versteckten Samen	1	2	3	4	5
Genauigkeit (%)	2	4	6	8	10

-----

--

-----  
 --

Liegt ein Versuchsvogel mit seinen Versuchsergebnissen über dem errechneten Zufallsniveau, ist es unwahrscheinlich, daß der Vogel die versteckten Samen durch Zufall gefunden hat.

Vergleicht man die gefundenen Werte der Genauigkeit mit den errechneten Zufallswerten mit Hilfe des Wilcoxon- Paardifferenzentest, stellt man fest, daß die Vögel hochsignifikant genauer ( $p < 0,01$ ) die versteckten Samen finden, als es dem Zufall entsprechen würde. Man kann also davon ausgehen, daß die Vögel unter den Versuchsbedingungen ihr Orientierungssystem benutzen, das sie auch in der Natur zum Wiederfinden der versteckten Samen verwenden und unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht etwa durch Zufall auf die versteckten Samen stoßen. Der gewählte Versuchsansatz ist also dazu geeignet, Aussagen zum Orientierungssystem der Kiefernhäher zu machen.

### 1.1.2 Kontrolle 2 nach den Zeitumstellungsversuchen

Nachdem die Kiefernhäher erfolgreich die weiter unten (1.1.3 und 1.1.4) beschriebenen Zeitumstellungsversuche absolviert hatten, wurde ein zweiter Kontrollversuch durchgeführt. Im Gegensatz zu Kontrolle 1 unterscheiden sich allerdings die im Jahr 1988 gemachten Versuche hier von denen des Jahres 1989. Im Jahr 1988 wurde sowohl die Versteckphase als auch die Suchphase der Kontrolle 2 in der sonnenbeschienenen Versuchsvoliere gemacht, im Jahr 1989 fand die Versteckphase im Schatten statt, und die Vögel mußten ihre versteckten Samen in der Sonne wiederfinden. Die Ergebnisse dieser Kontrollen zeigen Tabelle 3 und 4.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Hans	2	8	6	25	4
Helmut (1)	2	22	20	9	4
Helmut (2)	3	6	3	50	6
Helmut (3)	2	9	7	22	4
Juergen	3	13	10	23	6
Kaltschrank	2	12	10	17	4
Schatzee	-	--	--	--	-
Suess	2	10	8	20	4
Summe	7	16	80	64	--

**Tabelle 3: Ergebnisse der Kontrollversuche nach absolvierten Zeitumstellungsversuchen 1988.**

**"Verstecken und Suchen unter sonnigen Bedingungen".**

-----  
 --

-----

--

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Dieter	2	14	12	14	4
Eckhard	2	15	13	14	4
Fritz	2	13	11	15	4
Inga	2	18	16	11	4
Karl- Albert	2	22	20	9	4
Summe	5	10	69	72	--

**Tabelle 4: Ergebnisse der Kontrollversuche nach absolvierten Zeitumstellungsversuchen 1989.**

*"Verstecken im Schatten und Suchen unter sonnigen Bedingungen".*

Obwohl wieder in 2 der 12 Versuche die Vögel mit ihrer Genauigkeit unter 10% blieben, befinden sich auch in diesen beiden Kontrollserien die Kiefernhäher mit der Genauigkeit, mit der sie ihre versteckten Samen fanden, über dem Zufallsniveau. Die gefundenen Genauigkeiten der Tabelle 3 liegen signifikant ( $p < 0,5$ ; Wilcoxon-Test) höher, als es dem Zufall entsprechen würde. Auch die Werte der Tabelle 4 liegen alle über dem Zufallsniveau, lassen sich aber wegen zu kleiner Stichprobe nicht mehr statistisch absichern.

### 1.1.3 Zeitumstellungsversuche

In den Jahren 1988 und 1989 wurden Zeitumstellungsversuche durchgeführt. Diese Versuchsserien führte ich durch, da die Ergebnisse von Zeitumstellungsversuchen eine genaue Aussage darüber ermöglichen, ob die Sonne eine Rolle bei der Orientierung spielt (siehe Material und Methode 4.1 und 4.1.1). Eine Übersicht der Ergebnisse dieser beiden Serien zeigt Tabelle 5. Aus der Tabelle ist ersichtlich:

- a) die Anzahl der versteckten Samen
- b) die Anzahl der gefundenen Samen des jeweiligen Samensatzes
- c) welcher Satz vollständig ausgebeutet wurde und
- d) die Anzahl der Fehler.

Die Zahlen unter den einzelnen Spalten der Tabelle geben jeweils die Summen aller Versuche wieder.

-----

--

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl gefundene Originalsamensamen	Anzahl gefundene gedrehte Samen	Fehler
Bernd	2	2 *	1	35
Dieter	2	2 *	1	14
Eckhard	2	1	2 *	25
Fritz	2	0	2 *	0
Hans	3	2	2	15
Helmut	2	0	2 *	8
Inga	2	2 *	1	9
Juergen	2	2 *	0	17
Kaltschrank	3	3 *	0	10
Karl Albert	2	0	2 *	0
Schatzee	2	2 *	0	10
Suess	3	3 *	2	19
Summe	12	27	19	162

**Tabelle 5: Übersicht der Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche mit Kiefernhähern.**

**Ein vollständig wiedergefundener Samensatz ist durch ein Sternchen gekennzeichnet.**

In 12 Zeitumstellungsversuchen wurde von den Versuchstieren in 7 Fällen der Samensatz wiedergefunden, der ursprünglich von ihnen versteckt wurde. In 4 Fällen wurde der Samensatz gefunden, der der Annahme entsprechen würde, daß die Vögel den Sonnenkompaß verwenden, und in einem Fall wurde kein Satz vollständig wiedergefunden. Es wurden bei 27 versteckten Piñon Pine Samen 19 Originalsamensamen und 15 der vom Experimentator versteckten Samen gefunden. Die Häher machten bei der Suche ihrer Samen 162 Fehler. Als "Fehler" wurden in dieser Auswertung auch jeweils die gefundenen Samen des Samensatzes gezählt, der nicht vollständig vom Versuchsvogel ausgebeutet wurde (siehe Material und Methode 4.1.1). Wurde beispielsweise der Originalsamensatz vollständig ausgebeutet, aber es wurde ein Samen des "gedrehten" Samensatzes gefunden, wurde dieser in der Auswertung als Fehler gewertet.

Unter dieser Versuchsbedingung wurde von den Versuchstieren in 7 von 12 Versuchen der Originalsamensatz gegenüber dem gedrehten Samensatz bevorzugt. Es fällt daher schwer, eine Aussage darüber zu machen, ob Informationen des Sonnenkompasses von den Kiefernhähern unter diesen Versuchsbedingungen verwendet wurden.

-----  
 --

#### 1.1.4 Normalisierungsversuche

Nachdem die Vögel mit um 6 Stunden verstellter innerer Uhr ihre vorher unter Normalbedingungen versteckten Samen gefunden hatten, mußten sie am Folgetag mit weiterhin verstellter innerer Uhr Samen verstecken. Danach wurden sie wieder für mindestens 5 Tage dem natürlichen Hell- Dunkelrhythmus ausgesetzt. Mit dieser Behandlung wurde die innere Uhr der Vögel wieder normalisiert. Da sie sich vorher im Slowshift befanden, entspricht diese Behandlung einer Vorverstellung der inneren Uhr (Fastshift). Unter diesen Bedingungen kamen sie wiederum in die Voliere und mußten ihre versteckten Samen suchen. Die Ergebnisse dieser Normalisierungsversuche zeigt Tabelle 6.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl gefundene Originalsamen	Anzahl gefundene gedrehte Samen	Fehler
Dieter	2	1	2 *	8
Eckhard	2	0	2 *	0
Fritz	2	1	2 *	19
Hans	2	0	2 *	2
Helmut	3	0	3 *	20
Inga	2	2 *	0	1
Juergen	3	2	3 *	14
Kaltschrank	2	1	2 *	28
Karl- Albert	2	1	2 *	10
Schatzee	2	2 *	1	23
Suess	2	2 *	0	22
Summe	11	24	12	147

**Tabelle 6: Übersicht der Ergebnisse der Normalisierungsversuche mit Kiefernhähern.**

**Ein Sternchen kennzeichnet einen vollständig wiedergefundenen Samensatz.**

In diesen 11 Versuchen wurde von den Tieren in 3 Fällen der selbst versteckte Samensatz wiedergefunden und in 8 Fällen der vom Experimentator versteckte "gedrehte" Satz. Es wurden 12 Originale und 19 gedrehte Samen wiedergefunden. Bei den Normalisierungsversuchen wurden von den Kiefernhähern 147 Fehler gemacht.

Bei diesen Versuchen läßt sich, im Gegensatz zu den Versuchen mit nach hinten verstellter innerer Uhr, eine deutliche Tendenz erkennen, den gedrehten Samensatz zu bevorzugen. In drei Fällen (von den Vögeln Eckhard, Hans und Helmut) wurden ausschließlich Samen des gedrehten Satzes gefunden. Allerdings

-----  
 --

-----  
 --

wurden auch in zwei Fällen (von den Vögeln Inga und Suess) ausschließlich Samen des originalen Samensatzes gefunden.

Betrachtet man die Anzahl der von den Vögeln in den beiden Zeitumstellungsbedingungen gemachten Fehler, unterscheiden sich die beiden Bedingungen nicht signifikant voneinander ( $p > 0,05$ ; MW- Test). Das läßt den Schluß zu, daß die Vögel eine Mischstrategie betreiben. Ein Teil der Vögel scheint Informationen des Sonnenkompasses zu benutzen, um sich bestimmte Orte zu merken. Der andere Teil der Vögel wiederum benutzt Sonnenkompaß unabhängige Faktoren (wahrscheinlich Landmarken) um sich Orte zu merken.

### 1.1.5 Versuche nach vorhergehender Zeitumstellung

Sowohl 1988 als auch 1989 wurden nach der Kontrolle 2 nach den Zeitumstellungsversuchen weitere Versuche unternommen.

1988 wurden außerdem Versuche durchgeführt, in denen die Kiefernhäher ihre Samen im Schatten versteckten, um sie danach in der sonnenbeschienenen Voliere wiederzusuchen. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigt Tabelle 7.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Hans	2	19	17	10	4
Helmut	2	17	15	12	4
Juergen	2	3	1	67	4
Suess	2	24	22	8	4
Summe	4	8	63	55	--

**Tabelle 7: Ergebnisse der Versuche nach absolvierten Zeitumstellungsversuchen und Kontrolle 2.**

*"Verstecken im Schatten und Suchen unter Sonne".*

Auch hier läßt sich, wie in den Kontrollversuchen vor der Zeitumstellung erkennen, daß die Versuchsvögel mit der Genauigkeit, mit der sie die versteckten Samen finden, über dem errechneten

-----  
 --

-----  
 --

Zufallsniveau liegen. Dasselbe gilt auch für die folgenden Tabellen 8 und 9. Allerdings lassen sich diese Werte statistisch nicht mehr fassen (Wilcoxon-test), da die Stichprobe zu klein ist.

Nachdem die Vögel die Versuche, deren Ergebnisse in Tabelle 7 dargestellt sind, erfolgreich absolviert hatten, mußten sie zum Abschluß der Versuchsserie noch einen Versuch durchlaufen, in dem sie in der Sonne ihre Samen versteckten, um sie danach unter schattigen Bedingungen wiederzufinden. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigt Tabelle 8.

Vogel		Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Hans		2	4	2	50	4
Helmut		2	26	24	6	4
Juergen		2	6	4	33	4
Suess		2	21	19	9	4
Summe	4	8	57	49	--	-

**Tabelle 8: Ergebnisse der Versuche nach absolvierten Zeitumstellungsversuchen und Kontrolle 2.**

**"Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten".**

1989 durchliefen die Häher nach der Kontrolle 2 noch einen Versuch, in dem sie sowohl im Schatten Samen versteckten, als auch in der schattigen Versuchsvoliere ihre versteckten Samen wieder suchten. Die Ergebnisse dieser Versuche gibt Tabelle 9 wieder.

Vogel		Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Dieter		2	19	17	11	4
Eckhard		2	23	21	9	4
Fritz		2	2	-	100	4
Inga		2	14	12	14	4
Karl- Albert		2	30	28	7	4
Summe	5	10	88	78	--	-

**Tabelle 9: Ergebnisse der Versuche nach absolvierten Zeitumstellungsversuchen und Kontrolle 2.**

**"Verstecken und Suchen im Schatten".**

-----  
 --

-----  
 --

### 1.1.6 Versuche ohne vorhergehende Zeitumstellungsversuche

1990 wurden keine Zeitumstellungsversuche durchgeführt. Es wurden Versuche unter zwei unterschiedlichen Bedingungen durchgeführt: eine Versuchsgruppe absolvierte 4 Versuche, bei denen die Vögel in der Sonne die Samen versteckten und im Schatten suchten; eine zweite Gruppe absolvierte 4 Versuche, bei denen in der Sonne Samen versteckt und gesucht wurden. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in den Tabellen 10 und 11 auf der nächsten Seite dargestellt.

#### Versuch # 1

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Frederick	3	4	1	75	6
Juergen	4	6	2	67	8
Olga	3	15	12	20	6
Reiner	3	6	3	50	6
Summe	4	13	31	18	--

#### Versuch # 2

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Juergen	2	8	6	25	4
Olga	3	47	44	6	6
Reiner	1	2	1	50	1
Summe	3	6	57	51	--

#### Versuch # 3

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Juergen	2	21	19	9	4
Olga	3	21	18	14	6
Reiner	2	6	4	33	4
Summe	3	7	48	41	--

#### Versuch # 4

Vogel	Anzahl versteckte Sachen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Juergen	2	21	19	9	4
Olga	2	19	17	10	4
Reiner	2	3	1	67	4
Summe	3	6	43	37	--

**Tabelle 10: Ergebnisse der 4 Versuche Gruppe A**

-----  
 --

Ergebnisse und Diskussion - Kiefernhäher -

-----  
 --

**"Verstecken und Suchen in der Sonne".**

Versuch # 1

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Alishka	3	48	45	6	6
Hans	2	11	9	18	4
Helmut	2	35	33	6	4
Kathrina	3	11	8	27	6
Summe	4	105	95	--	-

Versuch # 2

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Alishka	2	20	18	10	4
Hans	2	3	1	67	4
Helmut	2	18	16	11	4
Kathrina	2	2	-	100	4
Summe	4	43	35	--	-

Versuch # 3

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Alishka	2	35	33	6	4
Hans	2	7	5	28	4
Helmut	2	15	13	13	4
Kathrina	1	1	-	100	4
Summe	4	58	51	--	-

Versuch # 4

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl erste Besuche	Fehler	Genauigkeit in %	Zufall in %
Alishka	2	36	34	5	4
Hans	3	22	19	14	6
Helmut	3	19	16	16	6
Summe	3	77	69	--	-

**Tabelle 11: Ergebnisse der 4 Versuche Gruppe B**

**"Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten".**

-----  
 --

Beide Tabellen zeigen für die 4 nacheinander durchgeführten Versuche jeweils die Anzahl der versteckten Samen, die Anzahl der ersten Besuche eines Bechers, die Fehler beim Suchen der versteckten Samen, die Genauigkeit und das Zufallsniveau. In Gruppe A fiel Frederick nach dem ersten Versuch aus, in Gruppe B absolvierte Kathrina nur 3 der 4 Versuche.

## 1.2 Auswertung der Ergebnisse

Um die Vielzahl der verschiedenen mit Kiefernhähern durchgeführten Versuchsbedingungen miteinander vergleichen zu können, ist es sinnvoll, die Ergebnisse mit einheitlichen Beurteilungskriterien zu betrachten.

Dazu soll zuerst skizziert werden, welche der unterschiedlichen mit Kiefernhähern unternommenen Versuchsbedingungen miteinander vergleichbar sind, und welche sich voneinander unterscheiden.

Unter gleichen Versuchsbedingungen, nämlich sowohl Verstecken der Samen als auch das anschließende Suchen in der sonnenbeschienenen Voliere wurden durchgeführt:

- a) die Kontrolle 1 vor den Zeitumstellungsversuchen
- b) die Kontrolle 2 unter der Bedingung "Verstecken und Suchen in der Sonne" und
- c) die Zeitumstellungsversuche

Die Kontrolle 2 unter der Bedingung "Verstecken im Schatten mit darauffolgender Suche in der Sonne" wurde unter gleichen Bedingungen durchgeführt, wie der Versuch "Verstecken im Schatten und Suchen in der Sonne" im darauffolgenden Jahr. Die beiden anderen Versuchsbedingungen des Jahres 1990, "Verstecken in der Sonne mit Suchen im Schatten" und "Verstecken und Suchen im Schatten" unterscheiden sich sowohl von den Kontrollen als auch von den Versuchen der Zeitumstellungsreihen.

Als erstes Beurteilungskriterium zur Auswertung der Versuche bietet sich an, die mediane Anzahl der Becherbesuche pro versteckten Samen zu betrachten.

-----  
 --

### 1.2.1 Auswertung nach dem Kriterium "Anzahl der Becherbesuche pro verstecktem Samen"

In der folgenden Auswertung werden, jeweils für eine Versuchsbedingung, sämtliche Versuchsvögel zusammengefaßt. Aus der Anzahl der vorhandenen versteckten Samen und der Anzahl der ersten Besuche eines Bechers wurde der Quotient Becherbesuche pro versteckten Samen berechnet. Da die Anzahl der Becherbesuche nicht normal verteilt ist, wurden aus den einzelnen Quotienten Medianwerte errechnet. Die Ergebnisse zeigen die Tabellen 12 bis 14.

Versuchsart	Anzahl versteckte Samen	Besuche	mediane Anzahl Besuche/versteckte Samen
Kontr. 1	34	200	4,0
Zeitumstellung	27	189	6,0
Normalisierung	24	171	6,0
Kontr. 2 So/So	16	80	4,5
Kontr. 2 Scha/So	10	83	7,5
Kontr. 2 Zusammen	26	166	6,25
Versuch Scha/So	8	63	9,0
Versuch So/Scha	8	57	6,75
Versuch Scha/Scha	10	88	9,5

**Tabelle 12: Anzahl der absoluten versteckten Samen, der absoluten Becherbesuche und der medianen Anzahl der Besuche pro verstecktem Samen.**

**So= Sonne, Scha= Schatten**

Versuch #	Anzahl versteckte Samen	Besuche	mediane Anzahl Besuche/versteckte Samen
1	13	31	1,75
2	6	57	4,00
3	7	48	7,00
4	6	43	9,50

**Tabelle 13: Versuche 1990. "Verstecken und Suchen in der Sonne".**

**Mediane Anzahl der Besuche pro verstecktem Samen**

-----  
 --

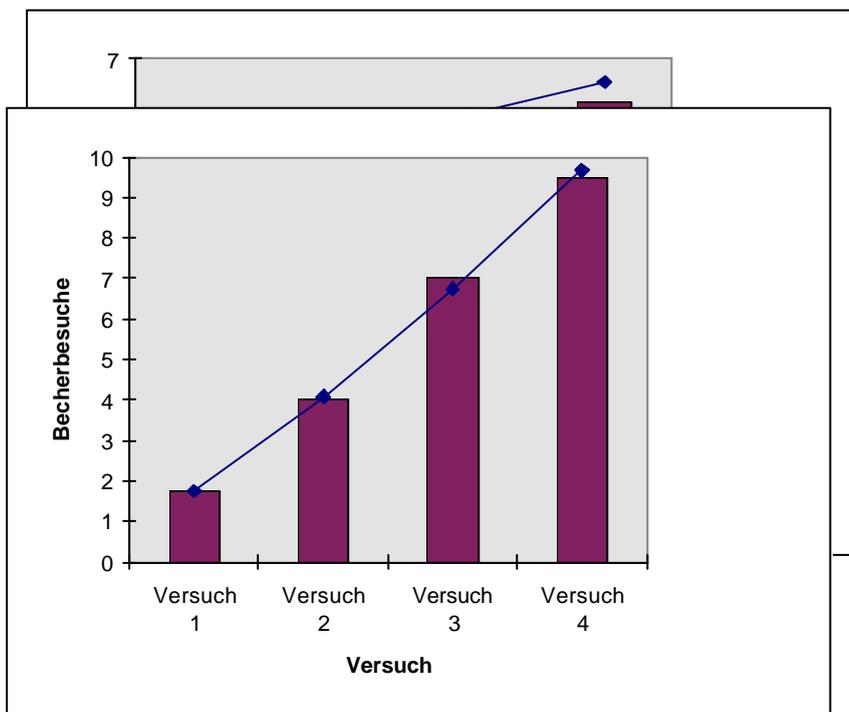
-----  
 --

Versuch #	Anzahl versteckte Samen	Besuche	mediane Anzahl Besuche/versteckte Samen
1	10	105	10,75
2	8	43	5,25
3	7	58	5,50
4	8	77	7,33

**Tabelle 14: Versuche 1990. "Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten".**

**Mediane Anzahl der Besuche pro verstecktem Samen**

Betrachtet man die Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche fällt auf, daß die Anzahl der besuchten Becher pro verstecktem Samen im Laufe der Versuche ansteigt. Die Vögel benötigten in der Kontrolle 1 vor der Zeitverstellung 4 Becherbesuche um einen kompletten, versteckten Samensatz zu finden. In der Kontrolle 2 nach der Normalisierung brauchten sie 6,25 Becherbesuche, wenn man die beiden Versuchsbedingungen "Verstecken der Samen in der Sonne mit anschließender Suche in der Sonne" und "Verstecken im Schatten mit anschließender Suche in der Sonne" zusammenfaßt. Auch bei den auf die Kontrolle 2 folgenden Versuchen benötigten die Kiefernhäher mehr Becherbesuche, um einen versteckten Samen zu finden als in der Kontrolle 1. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 10 graphisch dargestellt. Die Anzahl der medianen Becherbesuche ist hier als Balken dargestellt, der daraus errechnete Trend ist als Kurve dargestellt.



**Abbildung 10: Anzahl der medianen Becherbesuche pro verstecktem Samen in den Bedingungen Kontrolle 1, Zeitumstellung, Normalisierung und Kontrolle 2.**

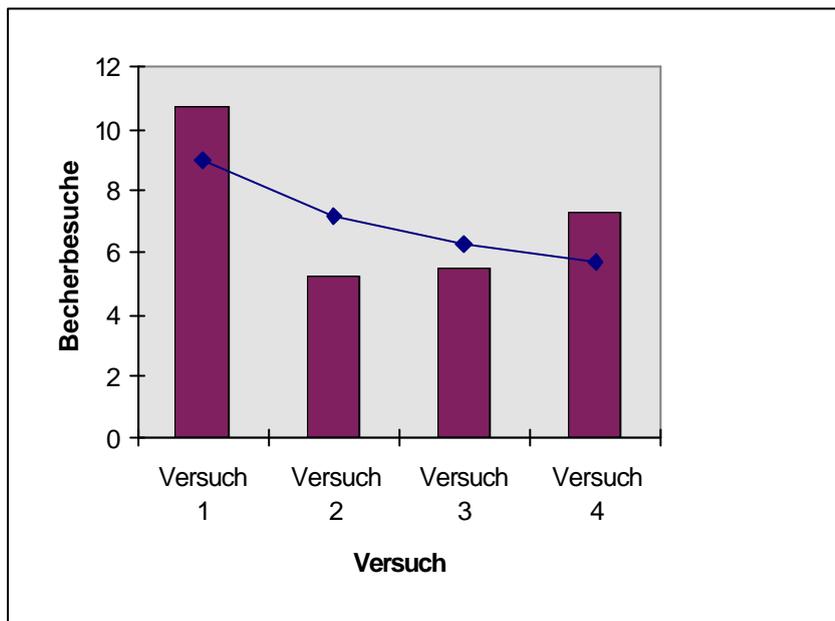
-----  
 --

Die Tendenz, bei einer Reihe von Versuchen je Versuch mehr Becherbesuche pro versteckten Samen zu machen als im vorherigen Versuch, ist nicht nur bei den Zeitumstellungsversuchen feststellbar, sondern ist auch bei den Versuchen des Jahres 1990 zu erkennen, bei denen die Vögel nur in 4 aufeinander folgenden Versuchen Samen versteckten und wieder suchten. In der Bedingung, die die Gruppe A durchlief, Versuchsbedingung "Verstecken und Suchen in der Sonne", steigt der Quotient von 1,75 besuchten Bechern pro verstecktem Samen im ersten Versuch auf 9,5 im vierten

*Abbildung 11: Anzahl der medianen Becherbesuche pro versteckten Samen der Gruppe A im Jahr 1990*

Versuch. Das ist der 5,4 fache Wert des ersten Versuchs. Diese Zusammenhänge und der daraus resultierende Trend sind in Abbildung 11 auf der vorherigen Seite dargestellt.

In der Bedingung, die die Gruppe B absolvierte, "Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten", stellen sich die Ergebnisse etwas anders dar. Hier wird im ersten Test mit 10,75 Becherbesuchen pro verstecktem Samen der schlechteste Wert aller Versuche erreicht. Das im zweiten Versuch erreichte Ergebnis mit 5,25 Becherbesuchen pro verstecktem Samen liegt wieder im Trend der anderen Versuche. Vom zweiten zum vierten Versuch steigt der Quotient wiederum an. Diese Zusammenhänge und der daraus resultierende Trend sind in Abbildung 12 dargestellt.



*Abbildung 12: Anzahl der medianen Becherbesuche pro versteckten Samen der Gruppe B im Jahr 1990*

Die hohe Anzahl der Becherbesuche des ersten Tests dieser Bedingung können damit erklärt werden, daß die Vögel im ersten Versuch verstärkt Informationen des Sonnenkompasses benutzen, die ihnen aber bei der Samensuche im Schatten nicht mehr zur Verfügung stehen. In den weiteren Versuchen greifen sie dann auf eine andere Informationsquelle zurück, da sie erkennen, daß ihnen Informationen des Sonnenkompasses nicht zur Verfügung stehen. In den Versuchen 2 bis 4 steigt die Anzahl der Becherbesuche pro versteckten Samen dann wiederum, wie schon in den anderen Versuchsbedingungen, an.

Daß in den Versuchsserien des Jahres 1990, in denen keine Zeitumstellungsversuche durchgeführt wurden, auch der Quotient Becherbesuche zu versteckten Samen im Laufe der Versuche ansteigt, läßt darauf schließen, daß die Verstellung der inneren Uhr an sich keine auswirkende Rolle auf dieses Verhalten hat. Es scheint eher ein bei Kiefernhähern öfter auftretendes Phänomen zu sein, das auch unter anderen Versuchsbedingungen auftritt (z.B.: KAMIL & BALDA 1990a).

-----  
 --

### 1.2.2 Verteilung der Becherbesuche in den Zeitumstellungsversuchen

Nach der Auswertung nach Anzahl der Becherbesuche pro verstecktem Samen soll hier vor einer detaillierten Fehleranalyse (siehe 1.2.3) zunächst betrachtet werden, welcher Sektor in den Zeitumstellungsversuchen und in den Normalisierungsversuchen von den Hähern bevorzugt besucht wurde.

#### 1.2.2.1 Zeitumstellungsversuche

Zunächst soll hier eine Analyse der Sektorenbesuche der Zeitumstellungsversuche erfolgen. Tabelle 15 zeigt, wieviele Becher in den einzelnen Sektoren von den Vögeln besucht wurden.

Vogel	Sektoren offen	Besuche Originalsektor		Besuche Gedr. Sektor		Besuche Andere Sektoren	
		Absolut	%	Absolut	%	Absolut	%
Hans	2	7	41	6	35	4	24
Juergen	2	7 *	37	4	21	8	42
Kaltshrank	2	8 *	67	4	33	0	0
Bernd	1	4 *	11	3	8	29	81
Dieter	1	2 *	13	1	6	13	81
Eckhard	1	3	11	4 *	15	20	74
Fritz	1	0	0	2 *	100	0	0
Helmut	1	1	10	3 *	30	6	60
Inga	1	3 *	27	2	18	6	55
Karl-Albert	1	0	0	2 *	100	0	0
Schatzee	1	4 *	33	0	0	8	67
Suess	1	6 *	30	5	25	9	45
Summe	2	22	46	14	29	12	25
Erwartung	2		25		25		50
Summe	1	23	17	22	16	91	67
Erwartung	1		12,5		12,5		75

**Tabelle 15: Becherbesuche der Zeitumstellungsversuche.**

*Der schattierte Bereich der Tabelle stellt eine Zusammenfassung der Werte dar.*

*Ein Sternchen kennzeichnet einen vollständig wiedergefundenen Samensatz*

Die Tabelle zeigt, daß die Originalsektoren, in denen die Häher vor der Zeitumstellung Samen versteckt hatten, gegenüber den "gedrehten" Sektoren bevorzugt werden. Diese Bevorzugung ist bei den Versuchen mit zwei offenen Sektoren stärker ausgeprägt als bei den Versuchen, bei denen nur ein Sektor zum Verstecken der Samen zur Verfügung stand. Dies ist nicht überraschend, da die Vögel in den Zeitumstellungsversuchen den nicht "gedrehten" Samensatz bevorzugt hatten (1.1.3).

-----  
 --

-----  
 --

### 1.2.2.2 Normalisierungsversuche

In der folgenden Tabelle 16 sollen die Sektorenbesuche der Normalisierungsversuche betrachtet werden.

Vogel	Sektoren offen	Besuche Originalsektor		Besuche Gedr. Sektor		Besuche Andere Sektoren	
		Absolut	%	Absolut	%	Absolut	%
Hans	2	0	0	4 *	100	0	0
Juergen	2	3	18	9 *	53	5	29
Schatzsee	2	5 *	20	6	24	14	56
Dieter	1	2	20	2 *	20	6	60
Eckhard	1	0	0	2 *	100	0	0
Fritz	1	2	10	2 *	10	17	81
Helmut	1	0	0	5 *	22	18	78
Inga	1	2 *	67	0	0	1	33
Kaltshrank	1	1	3	6 *	20	23	77
Karl-Albert	1	4	33	4 *	33	4	33
Suess	1	4 *	17	1	4	19	79
Summe	2	8	17	19	41	19	41
Erwartung	2		25		25		50
Summe	1	15	12	22	18	88	70
Erwartung	1		12,5		12,5		75

**Tabelle 16: Becherbesuche der Normalisierungsversuche.**

*Der schattierte Bereich der Tabelle stellt eine Zusammenfassung der Werte dar.*

*Ein Sternchen kennzeichnet einen vollständig wiedergefundenen Samensatz*

Tabelle 16 zeigt analog zu Tabelle 15 die Ergebnisse der Normalisierungsversuche. In diesen Versuchen wurde von den Hähern nun derjenige Sektor öfter besucht, in dem sie nicht versteckt hatten, und der der Annahme entsprechen würde, daß von den Tieren der Sonnenkompaß bei der Orientierung während der Samensuche verwendet werden würde. In den Normalisierungsversuchen wurden auch mehr Samen des "gedrehten" Samensatzes ausgebeutet (1.1.4).

### 1.2.3 Fehleranalyse

Als weiteres Beurteilungskriterium zur Auswertung der Versuche bietet sich eine Analyse der von den Versuchsvögeln gemachten Fehler an.

-----  
 --

-----  
 --

Für die Fehleranalyse müssen zuerst die Fehlermöglichkeiten der Kiefernhäher differenziert werden. Die Vögel hatten die Möglichkeit, drei verschiedene Arten von Fehlern zu machen:

a) einen Konfigurationsfehler im Sektor in dem sie versteckt hatten daß heißt einen Fehler, indem sie in einem Becher suchten, der zwar im richtigen Sektor liegt, in dem sich aber keine Samen befinden (im folgenden "richtiger Sektor, falscher Becher" genannt). Weiterhin konnten sie

b) einen Richtungsfehler machen, indem sie in einem Becher suchten, der in einem falschen Sektor lag, der sich aber in diesem Sektor an einer Stelle befindet, die im richtigen Sektor einen versteckten Samen repräsentieren würde (im folgenden "falscher Sektor, richtiger Becher" genannt).

c) einen sonstigen Fehler machen indem sie in einem falschen Sektor an der falschen Stelle suchen (im folgenden "falscher Sektor, falscher Becher" genannt).

Je nach Anzahl der versteckten Samen ändern sich die Verhältnisse der Fehlertypen, so daß jeder Versuch individuell gewichtet werden muß. Betrachtet man alle Versuche, in denen nur ein Sektor zum Verstecken offen war, und zusätzlich die Versuche, bei denen zwar zwei Sektoren geöffnet waren, in denen aber nur in einem Sektor versteckt wurde, ergeben sich die folgenden möglichen Fehleranzahlen:

Anzahl der versteckten Samen	Fehler Richtiger Sektor falscher Becher		Fehler Falscher Sektor richtiger Becher		Fehler Falsch. Sektor falscher Becher	
	absolut	%	absolut	%	absolut	%
	1	5	11	7	15	35
2	4	9	14	30	32	70
3	3	8	21	47	21	47
4	2	5	28	64	14	32

**Tabelle 17: Verhältnis der absolut möglichen und der prozentualen Fehleranzahlen bei unterschiedlichen Anzahlen der versteckten Samen.**

Die Versuche, in denen in der Versteckphase zwei Sektoren geöffnet waren, und in denen von den Versuchstieren auch in verschiedenen Sektoren versteckt wurde, werden weiter unten gesondert betrachtet, (1.2.3.4) da sich dadurch, daß zwei Sektoren geöffnet waren, Überschneidungen in dieser Betrachtungsweise ergeben müssen.

-----  
 --

-----  
 --

### 1.2.3.1 Fehler in der Kategorie "falscher Sektor, richtiger Becher"

Die folgenden Tabellen zeigen zunächst eine Auswertung der Richtungsfehler, die von den Kiefernhähern in der Fehlerart "Falscher Sektor, richtiger Becher" gemacht wurden.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	28	10	38	30
Dieter (2)	2	7	1	20	30
Eckhard	2	21	4	21	30
Fritz	2	3	1	100	30
Inga	3	12	5	56	47
Kaltschrank	2	45	12	28	30
Karl- Albert	2	4	0	0	30
Kirstin	1	15	2	14	15
Schatzee	2	8	1	17	30

**Tabelle 18: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrollversuche, die den Zeitumstellungsversuchen vorausgingen.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Tabelle 18 zeigt die Ergebnisse der Versuchsbedingung "Kontrolle vor den Zeitumstellungsversuchen". Hier und auch in den folgenden Tabellen sind die Fehler aus der Kategorie "richtiger Becher, falscher Sektor" in Absolutwerten und in Prozent angegeben. Außerdem wird der Erwartungswert der Fehlerwahrscheinlichkeit, der sich aus Tabelle 17 ergibt, angegeben.

In den 9 betrachteten Versuchen wurden in 3 Versuchen von den Kiefernhähern mehr Fehler des Typus "richtiger Becher, falscher Sektor" gemacht, als es bei einer zufälligen Verteilung der Fehler anzunehmen wäre. In einem Fall sind alle Fehler dieser Kategorie zuzurechnen, und ebenfalls in einem Fall wurde kein Fehler dieser Art gemacht. Bei den Kontrollen, die den Zeitumstellungsversuchen vorausgingen, ist also keine Häufung dieses Fehlertypus festzustellen.

Tabelle 19 zeigt die Fehleranalyse der Kontrolle 2 unter der Bedingung "Verstecken und anschließendes Suchen in der sonnenbeschienenen Voliere". Die Tabelle ist analog zu Tabelle 18 aufgebaut.

-----  
 --

-----  
 --

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	8	0	0	30
Suess	2	10	4	50	30

**Tabelle 19: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1988).**

**Verstecken und Suchen der Samen in der Sonne.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Bei den Kontrollen, die den Zeitumstellungsversuchen folgten, und die unter sonnigen Bedingungen durchgeführt wurden, haben die Tiere in einem Fall in deutlich mehr Bechern gesucht, die dem Fehlertypus "falscher Sektor richtiger Becher" zuzuordnen sind, als bei einer Zufallsverteilung der Fehler anzunehmen wäre. In dem anderen Versuch wurden keine Fehler dieser Art gemacht.

Tabelle 20 zeigt, wiederum analog zu Tabelle 18, die Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1989) unter der Bedingung "Verstecken im Schatten, Suchen in der Sonne".

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	14	1	8	30
Eckhard	2	15	6	46	30
Fritz	2	13	6	55	30
Inga	2	18	4	25	30
Karl- Albert	2	22	10	50	30

**Tabelle 20: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1989).**

**Verstecken im Schatten, Suchen in der Sonne.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Bei den Kontrollen, die den Zeitumstellungsversuchen folgten, und bei denen die Versuchstiere im Schatten versteckten und in der Sonne suchten, machten die Versuchstiere in 3 der 5 Versuche mehr Fehler der Kategorie "richtiger Becher, falscher Sektor", als es dem Zufall entsprechen würde. Dieter lag deutlich unter dem Zufallsniveau, Inga knapp darunter.

-----  
 --

-----  
 --

In der Gesamtheit der Kontrollen, die den Zeitumstellungsversuchen folgten, wurden von den Vögeln in knapp mehr als der Hälfte aller Versuche mehr Becher besucht, die zwar an der richtigen Stelle des Sektors lagen, aber in einem falschen Sektor, als man erwarten könnte, wenn die Fehler gleichmäßig verteilt wären. Damit wurden in dieser Versuchsbedingung mehr Fehler dieses Typus gemacht, als vor den Zeitumstellungsversuchen.

Tabelle 21 und 22 zeigen die Ergebnisse der Fehleranalyse der Richtungsfehler in den beiden Zeitumstellungsversuchen. In Tabelle 21 sind zunächst die Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche dargestellt.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Bernd	2	37	10	29	30
Dieter	2	16	9	64	30
Eckhard	2	27	7	28	30
Fritz	2	2	0	0	30
Helmut	2	10	5	63	30
Inga	2	11	4	44	30
Karl- Albert	2	2	0	0	30
Schatzee	2	12	5	50	30
Suess	3	22	6	32	47

**Tabelle 21: Fehleranalyse der Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In den Zeitumstellungsversuchen wurden von den Versuchstieren in 5 der 9 in dieser Auswertung untersuchten Versuche mehr Richtungsfehler gemacht, als man bei einer normalen Fehlerverteilung erwarten müßte. Zweimal lagen die Vögel knapp unterhalb des Erwartungswertes und in 2 Versuchen wurden keine Fehler dieser Art gemacht.

-----  
 --

-----

--

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	10	5	63	30
Eckhard	2	2	0	0	30
Fritz	2	21	12	63	30
Helmut	3	23	12	60	47
Inga	2	8	2	33	30
Kaltschrank	2	30	8	29	30
Karl- Albert	2	12	4	40	30
Suess	2	24	6	27	30

**Tabelle 22: Fehleranalyse der Ergebnisse der Normalisierungsversuche.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In den Normalisierungsversuchen (Tabelle 22) erfolgten in 4 der 8 untersuchten Versuche mehr Richtungsfehler als erwartet. 3 Versuche lagen knapp unter der Erwartungswahrscheinlichkeit und in einem Versuch wurde kein Richtungsfehler gemacht.

Die folgenden Tabellen 23 bis 25 zeigen die Fehleranalyse der Versuche, die den Kontrollen 2 nach den Zeitumstellungsversuchen folgten.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	19	6	35	30
Helmut	2	16	10	71	30
Juergen	2	3	1	100	30
Suess	2	24	7	32	30

**Tabelle 23: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche nach der Kontrolle 2 (1988). "Verstecken im Schatten und Suchen in der Sonne. Nur ein Sektor offen".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Betrachtet man die Verteilung der Fehler bei den Versuchen, die sich an die Kontrolle 2 anschlossen, und bei denen die Kiefernhäher Samen im Schatten versteckten, und in der sonnenbeschienenen Voliere nach ihnen suchten (Tabelle 23), sieht man, daß alle Vögel hier mehr Fehler der betrachteten Kategorie machten, als es bei einer zufälligen Verteilung der Fehler zu erwarten wäre. Vom Versuchsansatz

-----

--

-----  
 --

entsprechen diese Versuche denjenigen, die in Tabelle 20 beschrieben sind, mit der Ausnahme, daß die Vögel in den in Tabelle 23 beschriebenen Versuchen einen Versuch, die Kontrolle 2, mehr absolviert haben.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	4	1	50	30
Helmut	2	26	5	21	30
Juergen	2	6	1	25	30
Suess	2	21	5	26	30

**Tabelle 24: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche die der Kontrolle 2 (1988) folgten. "Verstecken in der Sonne und Suche im Schatten. Nur ein Sektor offen".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Bei den Versuchen, die auf die Kontrolle 2 folgten, und bei denen die Vögel unter sonnigen Bedingungen versteckten und im Schatten suchten, (Tabelle 24) wurden nur von einem Vogel mehr Fehler in einem richtigen Becher, aber im falschen Sektor gemacht, als der Zufallswahrscheinlichkeit entsprechen würde.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	19	7	41	30
Eckhard	2	26	8	33	30
Fritz	2	2	0	0	30
Inga	2	14	8	67	30
Karl- Albert	2	30	7	25	30

**Tabelle 25: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche nach der Kontrolle 2 (1989). "Verstecken und Suchen im Schatten. Nur ein Sektor offen".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Von den Kiefernhähern, die im Schatten sowohl versteckten als auch suchten, machten 3 der 5 Vögel mehr Fehler, als der Zufallswahrscheinlichkeit entsprechen würde. Eckhard blieb dabei allerdings nur knapp über dem Zufallsniveau. Fritz blieb in dieser Bedingung fehlerfrei.

-----  
 --

-----  
 --

Die Tabellen 26 und 27 zeigen die Anzahl der Fehler, die die Kiefernhäher bei den im Jahr 1990 durchgeführten Versuchen machten.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Freder.	1	3	4	0	0	47
Juergen	2	2	8	0	0	30
Reiner	2	1	2	0	0	15
Olga	3	3	21	9	50	47
Juergen	4	2	21	6	32	30

**Tabelle 26: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche (1990). Gruppe A: "Verstecken und Suchen in der Sonne".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In der Versuchsbedingung der Gruppe A, deren Ergebnisse in Tabelle 26 dargestellt sind, haben die Häher in 2 der 5 Versuche häufiger im richtigen Becher des falschen Sektors gesucht, als der Erwartung entsprechen würde. Allerdings blieb Jürgen in seinem vierten Versuch nur sehr knapp über dem Zufallsniveau. In den ersten zwei Versuchsdurchgängen wurden von den Versuchstieren überhaupt keine Richtungsfehler gemacht.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. richt. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	1	2	11	5	56	30
Alishka	2	2	20	8	44	30
Hans	2	2	3	0	0	30
Helmut	2	2	18	5	31	30
Hans	3	2	7	1	20	30
Kathrina	3	1	1	0	0	15

**Tabelle 27: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche (1990). Gruppe B: "Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

-----  
 --

-----  
 --

In der Versuchsbedingung der Gruppe B, deren Ergebnisse in Tabelle 27 dargestellt wurden, wurden von den Vögeln in 3 der 6 Versuche mehr der hier untersuchten Fehler gemacht, als der Erwartung entsprechen würde. In 2 der untersuchten Versuche wurden von den Vögeln keine Richtungsfehler gemacht.

In 29 der hier untersuchten 57 Versuche wurde eine höhere Fehleranzahl der Richtungsfehler festgestellt, als es der Erwartung entsprechen würde.

Eine Übersicht der Richtungsfehler gibt noch einmal zusammenfassend Tabelle 28.

Versuch	Gesamtzahl Versuche	davon	
		> FW	< FW
Kontrolle 1	9	3	6
Zeitumstellung	9	4	5
Normalisierung	8	5	3
Kontrolle 2 Gesamt	7	4	3
Verstecken Schatten/ Suchen Sonne	4	4	0
Verstecken Sonne/ Suchen Schatten	4	1	3
Verstecken Schatten/ Suchen Schatten	5	3	2
1990 Gruppe A	5	2	3
1990 Gruppe B	6	3	3
Summe	57	29	28

**Tabelle 28: Übersicht der Richtungsfehler "Falscher Sektor, richtiger Becher".**

Eine Erklärung warum Kiefernhäher zwar im richtigen Becher, aber in einem falschen Sektor suchen, könnte sein, daß die Tiere sich nicht alleine den absoluten Ort eines versteckten Samens merken, sondern, daß sie sich ihre Versteckplätze in Relation zu Landmarken, zum Beispiel zu den anderen Bechern des Sektors oder der Mittelsäule, merken. Benutzt der Vogel nun Informationen aus einem Kompaßsystem, z. B. dem Sonnenkompaß, und ist diese Information gestört, kommt es zu Fehlinterpretationen. Irrt sich der Vogel nun im Sektor, kann eine überdurchschnittliche Anhäufung der Fehler "falscher Sektor aber richtiger Becher" auftreten.

-----  
 --

--

### 1.2.3.2 Fehler der Kategorie "richtiger Sektor falscher Becher"

Im folgenden soll die zweite Möglichkeit, einen Fehler zu machen, untersucht werden, bei der der Versuchsvogel einen Konfigurationsfehler im Verstecksektor macht. Er sucht zwar im richtigen Sektor, aber in einem falschen Becher, in dem sich keine Samen befinden.

Tabelle 29 zeigt eine Fehleranalyse der Konfigurationsfehler der Kontrollversuche, die den Zeitumstellungsversuchen vorausgingen.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	28	0	0	9
Dieter (2)	2	7	2	40	9
Eckhard	2	21	3	16	9
Fritz	2	3	0	0	9
Inga	3	12	2	22	7
Kaltschrank	2	45	4	9	9
Karl- Albert	2	4	2	100	9
Kirstin	1	15	2	14	11
Schatzee	2	8	2	33	9

**Tabelle 29: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrollversuche, die den Zeitumstellungsversuchen vorausgingen.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In den Versuchen der Kontrolle 1 machen die Versuchstiere in 6 der 9 Versuche mehr Konfigurationsfehler als man bei einer gleichmäßigen Fehlerverteilung annehmen müsste. Zwei Vögel bleiben fehlerlos und ein Vogel liegt genau auf dem Erwartungswert.

Die Tabellen 30 und 31 zeigen die Ergebnisse der Fehleranalyse der Versuche der Kontrolle 2, die den Zeitumstellungsversuchen folgten.

---

--

-----  
 --

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	8	2		33	9
Suess	2	10	1		13	9

**Tabelle 30: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1988). "Verstecken und Suchen der Samen in der Sonne". Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In den Kontrollversuchen, die 1988 den Zeitumstellungsversuchen folgten, wurden in beiden hier berücksichtigten Versuchen mehr Konfigurationsfehler gemacht, als der Erwartung entsprechen würde.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	14	2		17	9
Eckhard	2	15	2		15	9
Fritz	2	13	2		18	9
Inga	2	18	1		6	9
Karl- Albert	2	22	1		5	9

**Tabelle 31: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1989). "Verstecken im Schatten, Suchen in der Sonne". Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

1989 machten die Kiefernhäher in den 5 hier berücksichtigten Versuchen in 3 Fällen mehr Fehler, indem sie im Verstecksektor in leeren Bechern suchten, als es der Erwartung einer gleichmäßigen Fehlerverteilung entsprechen würde.

Die folgenden beiden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Versuche mit um 6 Stunden verstellter innerer Uhr (Tabelle 32) und der Normalisierungsversuche (Tabelle 33).

-----  
 --

-----

--

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Bernd	2	37	2		6	9
Dieter	2	16	0		0	9
Eckhard	2	27	2		8	9
Fritz	2	2	0		0	9
Helmut	2	10	1		13	9
Inga	2	11	1		11	9
Karl- Albert	2	2	0		0	9
Schatzee	2	12	2		20	9
Suess	3	22	3		16	7

**Tabelle 32: Fehleranalyse der Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche.**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

In den 9 in dieser Fehleranalyse berücksichtigten Zeitumstellungsversuchen wurden von den Kiefernhähern in 4 Fällen mehr Konfigurationsfehler gemacht, als man bei einer gleichmäßigen Fehlerverteilung erwarten müßte. Drei Tiere blieben fehlerlos und zwei Tiere machten zwar Konfigurationsfehler, aber weniger als man erwarten könnte.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	10	0		0	9
Eckhard	2	2	0		0	9
Fritz	2	21	0		0	9
Helmut	3	23	2		10	7
Inga	2	8	0		0	9
Kaltschrank	2	30	4		14	9
Karl- Albert	2	12	2		20	9
Suess	2	24	2		9	9

**Tabelle 33: Fehleranalyse der Ergebnisse der Normalisierungsversuche.**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

In den 8 in Tabelle 33 berücksichtigten Normalisierungsversuchen wurden in 3 Fällen mehr Fehler der Kategorie "richtiger Sektor aber falscher Becher" gemacht. 4 Versuchsvögel blieben fehlerlos und ein Vogel lag mit der Anzahl seiner Fehler direkt auf dem Erwartungsniveau.

-----  
 --

Die folgenden Tabellen 34 bis 36 zeigen die Ergebnisse der Fehleranalyse der Versuche, die nach der Kontrolle 2 durchgeführt wurden.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	19	2		12	9
Helmut	2	16	2		14	9
Juergen	2	3	0		0	9
Suess	2	24	1		5	9

**Tabelle 34: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche nach der Kontrolle 2 (1988). "Verstecken im Schatten und Samensuche in der sonnenbeschienenen Voliere. Nur ein Sektor offen".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Tabelle 34 zeigt zunächst die Versuche, bei denen die Tiere im Schatten versteckt hatten und in der Sonne suchten. In den 4 berücksichtigten Versuchen wurden von den Versuchstieren zweimal mehr und zweimal weniger Konfigurationsfehler gemacht als es der Erwartung einer gleichmäßigen Fehlerverteilung entsprechen würde.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	4	1		50	9
Helmut	2	26	2		8	9
Juergen	2	6	1		25	9
Suess	2	21	3		16	9

**Tabelle 35: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche die der Kontrolle 2 (1988) folgten. "Verstecken in der Sonne und Suche im Schatten. Nur ein Sektor offen".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Tabelle 35 zeigt den umgekehrten Versuchsansatz zu Tabelle 34. Hier versteckten die Tiere in der Sonne und suchten die Samen daran anschließend in der schattigen Voliere. Drei der untersuchten Versuche ergaben eine höhere Fehlerquote als es der Erwartung entsprechen würde. Ein Vogel blieb knapp unter dem Erwartungsniveau.

-----  
 --

-----  
 --

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	19	1		6	9
Eckhard	2	26	1		4	9
Fritz	2	2	0		0	9
Inga	2	14	1		8	9
Karl- Albert	2	30	4		14	9

**Tabelle 36: Fehleranalyse der Ergebnisse des Versuchs nach der Kontrolle 2 (1989). "Verstecken und Suchen im Schatten. Nur ein Sektor offen".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Tabelle 36 zeigt, daß die Kiefernhäher in der Versuchsbedingung "Verstecken und Suchen im Schatten" in 4 der 5 berücksichtigten Versuche unter dem Erwartungsniveau blieben.

Die folgenden Tabellen 37 und 38 zeigen die Ergebnisse der Fehleranalyse der Konfigurationsfehler der Versuche des Jahres 1990.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Freder.	1	3	4	1		100	7
Juergen	2	2	8	1		17	9
Reiner	2	1	2	0		0	11
Olga	3	3	21	3		17	7
Juergen	4	2	21	1		5	9

**Tabelle 37: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche 1990. Gruppe A: "Verstecken und Suchen in der Sonne".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

-----  
 --

-----  
 --

In den 5 Versuchen der Versuchsbedingung A, die in dieser Fehleranalyse berücksichtigt werden konnten, wurden von den Versuchsvögeln in 3 Fällen mehr Konfigurationsfehler im Verstecksektor gemacht, als man unter der Annahme der gleichmäßigen Fehlerverteilung erwarten müsste.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch. Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	1	2	11	2	22	9
Alishka	2	2	20	0	0	9
Hans	2	2	3	1	100	9
Helmut	2	2	18	2	13	9
Hans	3	2	7	0	0	9
Kathrina	3	1	1	0	0	11

**Tabelle 38: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche 1990. Gruppe B: "Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

In den hier berücksichtigten 6 Versuchen der Versuchsbedingung B machten die Vögel in 3 Fällen mehr Konfigurationsfehler als zu erwarten wäre. Die übrigen 3 Versuchstiere machten keinen Konfigurationsfehler im Verstecksektor.

Tabelle 39 zeigt noch einmal analog zu Tabelle 28 eine Zusammenfassung der Fehleranalyse der Konfigurationsfehler im Verstecksektor.

Versuch	Gesamtzahl Versuche	davon	
		> FW	<= FW
Kontrolle 1	9	6	3
Zeitumstellung	9	4	5
Normalisierung	8	3	5
Kontrolle 2 Gesamt	7	5	2
Verstecken Schatten/ Suchen Sonne	4	2	2
Verstecken Sonne/ Suchen Schatten	4	3	1
Verstecken Schatten/ Suchen Schatten	5	1	4
1990 Gruppe A	5	3	2
1990 Gruppe B	6	3	3
Summe	57	30	27

-----  
 --

-----  
 --

**Tabelle 39: Übersicht der Konfigurationsfehler im Verstecksektor "richtiger Sektor, falscher Becher".**

In den in dieser Analyse berücksichtigten 57 Versuchen machten die Versuchstiere in 30 Versuchen mehr Konfigurationsfehler im Verstecksektor als man bei einer gleichmäßigen Verteilung der Fehler erwarten müßte. Die restlichen 27 Versuche zeigten entweder fehlerfreie Ergebnisse oder Ergebnisse kleiner oder gleich dem Erwartungsniveau.

### 1.2.3.3 Fehler der Kategorie "falscher Sektor falscher Becher"

Die letzte Möglichkeit, einen Fehler beim Suchen der versteckten Samen zu machen, hatten die Vögel, indem sie in einem falschen Sektor an einer Stelle suchten, an der auch im Verstecksektor keine Samen versteckt waren. Diese Fehler sollen in den folgenden Tabellen in den einzelnen Versuchsbedingungen aufgezeigt werden.

Die Tabelle 40 zeigt zunächst die Fehler, die in den Versuchen der Kontrolle 1 gemacht wurden.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	28	16	62	70
Dieter (2)	2	7	2	40	70
Eckhard	2	21	12	63	70
Fritz	2	3	0	0	70
Inga	3	12	2	22	47
Kaltschrank	2	45	27	63	70
Karl- Albert	2	4	0	0	70
Kirstin	1	15	10	71	75
Schatzee	2	8	3	50	70

**Tabelle 40: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrollversuche, die den Zeitumstellungsversuchen vorausgingen.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In den 9 Versuchen der Kontrolle 1, die für diese Fehleranalyse berücksichtigt werden konnten, zeigen sämtliche Versuche weniger Fehler als man bei einer gleichmäßigen Verteilung der Fehler auf alle drei Fehlertypen annehmen müßte.

-----  
 --

-----  
 --

Die Tabellen 41 und 42 zeigen die Ergebnisse der Fehleranalyse der beiden Kontrollversuchsbedingungen nach den Zeitumstellungsversuchen.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	8	4	67	70
Suess	2	10	3	38	70

**Tabelle 41: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1988). "Verstecken und Suchen der Samen in der Sonne". Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Auch in den beiden in Tabelle 41 berücksichtigten Versuchen blieben die Tiere mit den gemachten Fehlern unter dem Erwartungswert.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	14	9	75	70
Eckhard	2	15	5	38	70
Fritz	2	13	3	27	70
Inga	2	18	11	69	70
Karl- Albert	2	22	9	45	70

**Tabelle 42: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1989). "Verstecken der Samen im Schatten, Samensuche in der Sonne".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In den Kontrollversuchen nach den Zeitumstellungsversuchen des Jahres 1989, die in dieser Analyse berücksichtigt werden konnten, blieben die Tiere 4 mal unter dem Wert der Erwartungswahrscheinlichkeit. Ein Vogel lag über diesem Wert.

Die folgenden beiden Tabellen, 43 und 44 zeigen die Ergebnisse der Fehleranalyse der Zeitumstellungsversuche.

-----  
 --

-----  
 --

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Bernd	2	37	23	66	70
Dieter	2	16	5	36	70
Eckhard	2	27	16	64	70
Fritz	2	2	0	0	70
Helmut	2	10	2	25	70
Inga	2	11	4	44	70
Karl- Albert	2	2	0	0	70
Schatzee	2	12	3	30	70
Suess	3	22	10	53	47

**Tabelle 43: Fehleranalyse der Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In den 9 Zeitumstellungsversuchen, die für diese Auswertung berücksichtigt wurden, wurde in keinem einzigen Versuch der Erwartungswert für eine gleichmäßige Fehlerverteilung erreicht oder überschritten. In 2 Versuchen wurde von den Kiefernähern überhaupt kein Fehler der hier untersuchten Kategorie gemacht.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	10	3	38	70
Eckhard	2	2	0	0	70
Fritz	2	21	7	37	70
Helmut	3	23	6	30	47
Inga	2	8	4	67	70
Kaltschrank	2	30	16	57	70
Karl- Albert	2	12	4	40	70
Suess	2	24	14	64	70

**Tabelle 44: Fehleranalyse der Ergebnisse der Normalisierungsversuche.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

In den 8 berücksichtigten Normalisierungsversuchen wurde ebenfalls in keinem Versuch eine Fehleranzahl des betrachteten Fehlertypus erreicht, die die Erwartung erreicht hätte. In einem Versuch wurde kein Fehler der hier untersuchten Art gemacht.

-----  
 --

-----  
 --

In den folgenden Tabellen 45 bis 47 werden die Versuche, die den Kontrollen 2 folgten, auf die Fehler untersucht, die die Versuchsvögel machten, indem sie im falschen Sektor in Bechern suchten, die auch im Verstecksektor einem Fehler entsprechen würden.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	19	9	53	70
Helmut	2	16	2	14	70
Juergen	2	3	0	0	70
Suess	2	24	14	64	70

**Tabelle 45: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche nach der Kontrolle 2 (1988). "Verstecken im Schatten und Samensuche in der Sonne".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Tabelle 45 zeigt die Versuche, in denen die Kiefernhäher die Samen im Schatten versteckten und in der sonnenbeschienenen Voliere suchten. Von den 4 Versuchen, die berücksichtigt werden konnten, zeigt keiner mehr Fehler als man erwarten müßte, wenn die 3 Fehlerkategorien erwartungsgemäß verteilt wären. Jürgen bleibt in dieser Betrachtung ohne Fehler.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2	4	0	0	70
Helmut	2	26	17	71	70
Juergen	2	6	2	50	70
Suess	2	21	11	58	70

**Tabelle 46: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche, die der Kontrolle 2 (1988) folgten. "Verstecken in der Sonne und Suche im Schatten".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Tabelle 46 zeigt die Fehler der Versuche, bei denen die Vögel in der sonnenbeschienenen Voliere die Samen versteckten und sie danach im Schatten suchten. Ein Versuchsvogel liegt hier mit 71% nur um 1% über dem Erwartungswert, der bei 70% liegt. Ein Vogel machte keinen Fehler der hier untersuchten Kategorie.

-----  
 --

-----  
 --

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Dieter	2	19	9	53	70
Eckhard	2	26	15	62	70
Fritz	2	2	0	0	70
Inga	2	14	3	25	70
Karl- Albert	2	30	17	61	70

**Tabelle 47: Fehleranalyse der Ergebnisse des Versuchs nach der Kontrolle 2 (1989). "Verstecken und Suchen im Schatten".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Tabelle 47 zeigt die Ergebnisse der Versuche, in denen sowohl im Schatten versteckt als auch gesucht wurde. Sämtliche Tiere bleiben hier unterhalb der Erwartungswahrscheinlichkeit. Ein Vogel machte hier keinen Fehler.

Die letzten beiden Tabellen, 48 und 49 zeigen die Fehleranalyse der 1990 durchgeführten Versuche.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Freder.	1	3	4	0	0	47
Juergen	2	2	8	5	83	70
Reiner	2	1	2	1	100	75
Olga	3	3	21	6	33	47
Juergen	4	2	21	12	63	70

**Tabelle 48: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche 1990. Gruppe A: "Verstecken und Suchen in der Sonne".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Tabelle 48 zeigt zunächst die Ergebnisse der Versuche der Gruppe A. Zwei der 5 Versuche zeigen mehr Fehler, als man annehmen müßte, wenn die Fehler gleichmäßig verteilt wären. Frederick blieb in seinem ersten Versuch in der untersuchten Fehlerkategorie fehlerfrei.

-----  
 --

-----

--

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	1	2	11	2	22	70
Alishka	2	2	20	10	56	70
Hans	2	2	3	0	0	70
Helmut	2	2	18	9	56	70
Hans	3	2	7	4	80	70
Kathrina	3	1	1	0	0	75

**Tabelle 49: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche 1990. Gruppe B: "Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Tabelle 49 zeigt die Ergebnisse der Gruppe B. In einem Versuch wurden vom Versuchsvogel mehr Fehler gemacht als zu erwarten waren. Zwei Tiere blieben in einem Versuch in der hier untersuchten Kategorie fehlerfrei.

Betrachtet man die Gesamtheit der Fehler, die in der Kategorie "Suchen im falscher Sektor an einer Stelle, in der in Verstecksektor keine Samen versteckt waren", gemacht wurden, ergibt sich gegenüber den Richtungsfehlern und den Konfigurationsfehlern im Verstecksektor ein völlig anderes Bild. Bei den Richtungsfehlern und ebenfalls bei den Konfigurationsfehlern im Verstecksektor machten die Kiefernhäher etwa genauso viele Versuche mit Fehlern unterhalb der Fehlererwartung wie Fehler, die in ihren Ergebnissen oberhalb der Fehlererwartung lagen. Bei der hier untersuchten Fehlerkategorie lagen nur 5 der 57 untersuchten Versuche oberhalb der Erwartungswahrscheinlichkeit. Die übrigen 52 Versuche liegen, zum Teil deutlich, unterhalb der Erwartung. Die Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt Tabelle 50.

-----

--

Versuch	Gesamtzahl Versuche	davon	
		> FW	< FW
Kontrolle 1	9	0	9
Zeitumstellung	9	0	9
Normalisierung	8	0	8
Kontrolle 2 Gesamt	7	1	6
Verstecken Schatten/ Suchen Sonne	4	0	4
Verstecken Sonne/ Suchen Schatten	4	1	3
Verstecken Schatten/ Suchen Schatten	5	0	5
1990 Gruppe A	5	2	3
1990 Gruppe B	6	1	5
Summe	57	5	52

-----

**Tabelle 50: Übersicht der Fehler "Falscher Sektor, falscher Becher".**

Die Gesamtergebnisse der Richtungsfehler und der Konfigurationsfehler im Verstecksektor unterscheiden sich nicht vom Erwartungswert ( $p > 0,05$ , Sign-Test). Dagegen unterscheiden sich die Ergebnisse der Fehler des Typus "falscher Sektor und falscher Becher" signifikant von der Erwartung ( $p < 0,01$ , Sign-Test).

Der Unterschied der Ergebnisse der beiden Fehlerarten Richtungs- und Konfigurationsfehler zu den Ergebnissen der Fehlerart restliche Fehler läßt sich damit begründen, daß bei den beiden erst genannten Fehlerarten ein Zusammenhang zwischen den von den Versuchsvögeln gemachten Fehlern und den versteckten Samen besteht.

Bei den Richtungsfehlern, bei denen im richtigen Becher gesucht wird, nur in einem falschen Sektor, besteht ein deutlicher Zusammenhang zu den versteckten Samen. Es wird von den Vögeln an einer Stelle gesucht, die einen versteckten Samen repräsentieren würde, hätte der Vogel in der richtigen Richtung gesucht. Es erscheint möglich, daß sich der Kiefernhäher seine Versteckplätze in Relation zu Landmarken, wie immer sie auch gestaltet sein mögen, merkt. Außerdem scheint er Informationen über die Lage der Versteckplätze zueinander zu speichern. Durch Ungenauigkeiten im System kann es nun zu einer Verschiebung des gesamten Musters der Versteckplätze kommen. Unter der Annahme daß die Lage der Versteckplätze zu den benutzten Landmarken über ein Kompaßsystem abgeleitet wird, können diese Fehler verstärkt auftreten. In den Zeitumstellungsversuchen waren diese Fehler, bei denen das

--  
Versteckmuster in einem anderen Sektor gesucht wurde, öfters anzutreffen als es der Erwartung entsprechen würde (in 5 von 9 Versuchen).

Auch bei den Konfigurationsfehlern im Verstecksektor, bei denen im Verstecksektor gesucht wird, aber an einer falschen Stelle, läßt sich eine deutliche Abhängigkeit der Fehler zu den versteckten Samen feststellen. Allerdings ist hier die Relation zwischen gemachten Fehlern und den versteckten Samen eine andere. Im Gegensatz zu den Richtungsfehlern ist hier die Konfiguration gestört. Der Sektor, in dem ursprünglich versteckt wurde, wird erkannt, bei diesen Fehlern ist die Information über die Lage der Verstecke fehlerhaft.

Es erscheint demnach möglich, daß in dem Augenblick, in dem der Kiefernhäher einen Fehler macht, dieser Fehler einen Meßfehler bei der Ableitung der Kompaßsysteme darstellt. Daher sind die Fehler mit den versteckten Samen in Relation zu bringen. Anderenfalls müßten die Fehler gleichmäßiger verteilt sein. Gerade die Fehler, die in keinem Zusammenhang zu den versteckten Samen stehen, treten hier hochsignifikant ( $p < 0,01$ , Sign-Test) weniger auf, als es bei gleichmäßiger Fehlerverteilung zu erwarten wäre.

#### 1.2.3.4 Fehler der Kategorie "richtiger Sektor, falscher Becher (2 Sektoren offen)"

Im folgenden sollen die Versuche betrachtet werden, bei denen zwei Sektoren während der Versteckphase der Versuche offen waren und in beiden Sektoren Verstecke angelegt wurden. Da zwei Sektoren zum Verstecken zur Verfügung standen, konnte es beim Verstecken der Samen zu Überschneidungen kommen, wenn in beiden Sektoren in Bechern gleicher Position versteckt wurde. Aufgrund dieser widersprüchlichen Aussagen der Ergebnisse werden nur die Konfigurationsfehler im Verstecksektor ("Richtiger Sektor, falscher Becher") und wenn es zu keinen Überschneidungen der versteckten Samen kam, die übrigen Fehler ("Falscher Sektor, falscher Becher") betrachtet. Eine Überschneidung der versteckten Samen wird in den folgenden Tabellen durch ein Ausrufezeichen hinter der Anzahl der versteckten Samen vermerkt.

-----  
 --

In Tabelle 51 ist, analog zu Tabelle 17, der Erwartungswert der Fehlerwahrscheinlichkeit der hier untersuchten Fehlertypen in absoluten Fehlern und in Prozent angegeben.

Anzahl der versteckten Samen	Fehler Richtige Sektoren falscher Becher		Fehler Falsche Sektoren falscher Becher	
	absolut	%	absolut	%
	2	10	22	24
3	9	20	18	40
4	8	18	12	27

**Tabelle 51: Verhältnis der absolut möglichen und der prozentualen Fehleranzahlen bei unterschiedlichen Anzahlen der versteckten Samen. "2 Sektoren geöffnet und versteckte Samen in beiden Sektoren".**

Die folgenden Tabellen zeigen die Konfigurationsfehler im Verstecksektor. Tabelle 52 zeigt eine Fehleranalyse der Kontrollversuche vor den Zeitumstellungsversuchen.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Bernd	4!	7	2	67	18
Hans	3!	7	1	25	20
Helmut	2!	16	10	71	22
Juergen	3	7	1	25	20
Suess	4!	19	8	53	18

**Tabelle 52: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrollversuche, die den Zeitumstellungsversuchen vorausgingen. Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt. Ein ! hinter der Anzahl der versteckten Samen bedeutet, daß in den beiden Sektoren jeweils im Becher mit der selben Position versteckt wurde.**

In den Kontrollversuchen wurden in sämtlichen 5 Versuchen dieser Auswertung zum Teil erheblich mehr Konfigurationsfehler gemacht, als man unter der Voraussetzung einer gleichmäßigen Fehlerverteilung erwarten müßte.

-----  
 --

-----  
 --

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch. Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Helmut (1)	2	22	4	20	22
Helmut (2)	3	6	0	0	20
Helmut (3)	2!	9	1	14	22
Juergen	3!	13	1	10	20
Kaltschrank	2	12	4	40	22

**Tabelle 53: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1988). "Verstecken und Suchen der Samen in der Sonne". Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt. Ein ! hinter der Anzahl der versteckten Samen bedeutet, daß in den beiden Sektoren jeweils im Becher mit der selben Position versteckt wurde.**

Tabelle 53 zeigt die Ergebnisse der Fehlerbetrachtung der Kontrolle 2 nach den Zeitumstellungsversuchen. In den 5 hier betrachteten Versuchen zeigten 4 der Versuchsvögel weniger Konfigurationsfehler als der Fehlerwahrscheinlichkeit entsprechen würde. Nur ein Versuchstier zeigte doppelt so viele Fehler als der Wahrscheinlichkeit entsprechen würde.

Die Tabellen 54 und 55 zeigt eine Fehleranalyse der beiden Zeitumstellungsversuche.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch. Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Juergen	2	19	5	29	22
Kaltschrank	3!	13	6	60	20

**Tabelle 54: Fehleranalyse der Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche. Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt. Ein ! hinter der Anzahl der versteckten Samen bedeutet, daß in den beiden Sektoren jeweils im Becher mit der selben Position versteckt wurde.**

In den Zeitumstellungsversuchen konnten nur 2 Versuche berücksichtigt werden. Beide Versuchsvögel liegen mit ihren Ergebnissen über der Fehlerwahrscheinlichkeit.

-----  
 --

Ergebnisse und Diskussion - Kiefernhäher -

-----  
 --

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Hans	2!	4	2		100	22
Juergen	3!	17	6		43	20
Schatzee	2	25	3		13	22

**Tabelle 55: Fehleranalyse der Ergebnisse der Normalisierungsversuche.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt. Ein ! hinter der Anzahl der versteckten Samen bedeutet, daß in den beiden Sektoren jeweils im Becher mit der selben Position versteckt wurde.**

Von den Normalisierungsversuchen konnten die Ergebnisse von 3 Versuchstieren für die Auswertung berücksichtigt werden. Zwei der Versuchsvögel liegen mit der Anzahl ihrer Fehler über der zu erwartenden Fehlerwahrscheinlichkeit, ein Vogel liegt darunter.

Die folgenden beiden Tabellen, Tabelle 56 und 57 zeigen die Ergebnisse der Versuche des Jahres 1990.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. falsch.	Sek. Becher	Fehler in %	FW in %
Juergen	1	4	6	1		50	18
Olga	1	3	15	4		33	20
Reiner	1	3	6	1		33	20
Olga	2	3	47	9		20	20
Juergen	3	2	21	2		11	22
Reiner	3	2	6	4		100	22
Olga	4	2!	19	2		12	22
Reiner	4	2	3	1		100	22

**Tabelle 56: Fehleranalyse der Ergebnisse des Versuche (1990). Gruppe A: "Verstecken und Suchen in der Sonne".**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt. Ein ! hinter der Anzahl der versteckten Samen bedeutet, daß in den beiden Sektoren jeweils im Becher mit der selben Position versteckt wurde.**

-----  
 --

-----  
 --

Von den Versuchen der Gruppe A wurden 8 Versuche in dieser Fehlerbetrachtung berücksichtigt. In 5 der Versuche wurden von den Kiefernhähern mehr Konfigurationsfehler gemacht, als man annehmen müßte, wenn man von einer gleichmäßigen Verteilung der Fehler ausgeht. Zwei Versuche liegen unterhalb der Fehlerwahrscheinlichkeit und ein Vogel erreicht genau den Erwartungswert. Reiner machte in den Versuchsdurchgängen 3 und 4 sämtliche Fehler des hier untersuchten Fehlertyps.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler richt. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Alishka	1	3!	48	9	20	20
Helmut	1	2!	35	10	30	22
Katharin	1	3!	11	1	13	20
Katharin	2	2!	2	0	0	22
Alishka	3	2!	35	7	21	22
Helmut	3	2	15	0	0	22
Alishka	4	2	36	10	29	22
Helmut	4	3	19	1	6	20
Hans	4	3!	22	6	32	20

**Tabelle 57: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche (1990). Gruppe B: "Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt. Ein ! hinter der Anzahl der versteckten Samen bedeutet, daß in den beiden Sektoren jeweils im Becher mit der selben Position versteckt wurde.*

Tabelle 55 zeigt die Ergebnisse der 9 der Gruppe B berücksichtigten Versuche. Drei der Versuchstiere blieben mit ihren Fehlern über der Fehlerwahrscheinlichkeit. 5 Versuche zeigten Ergebnisse, die unterhalb der Fehlerwahrscheinlichkeit lagen und ein Versuchsvogel liegt direkt auf dem Fehlererwartungsniveau.

Die Tabelle 58 zeigt eine zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse der Fehleranalyse der Konfigurationsfehler in Verstecksektor.

-----  
 --

-----

--

Versuch	Gesamtzahl Versuche	davon	
		> FW	<= FW
Kontrolle 1	5	5	0
Zeitumstellung	2	2	0
Normalisierung	3	2	1
Kontrolle 2	5	1	4
1990 Gruppe A	8	5	3
1990 Gruppe B	9	3	6
Summe	32	18	14

**Tabelle 58: Übersicht der Konfigurationsfehler im Verstecksektor "richtiger Sektor, falscher Becher".**

**FW= Fehlerwahrscheinlichkeit**

Von insgesamt 32 Versuchen lagen 18 Versuche oberhalb der Fehlererwartung. 14 Versuche liegen entweder auf dem Niveau der Erwartung oder darunter. Damit zeigt diese Auswertung das gleiche Bild wie die Auswertung der Versuche, in denen nur ein Sektor geöffnet war, oder nur in einem Sektor versteckt wurde. Auch hier ergibt sich keine signifikante Häufung einer Ergebnisgruppe ( $p > 0,05$ , Sign-Test).

### 1.2.3.5 Fehler der Kategorie "falscher Sektor, falscher Becher (2 Sektoren offen)"

In die Auswertung "falscher Sektor, falscher Becher" bei den Versuchen, in denen in beiden Sektoren Verstecke angelegt wurden, wurden nur die Versuche berücksichtigt, bei denen sich keine Überschneidung in den Verstecken ergab. Aus diesem Grund stehen im folgenden bei manchen Versuchsbedingungen nur die Ergebnisse eines Versuchsvogels zur Verfügung.

Zunächst sollen die Ergebnisse der Kontrolle 1 betrachtet werden. Sie sind in Tabelle 59 aufgezeigt.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Juergen	3	7	0	0	40

**Tabelle 59: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrollversuche, die den Zeitumstellungsversuchen vorausgingen.**

**Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.**

Hier steht nur ein Versuch zur Auswertung zur Verfügung, in dem der Vogel keinen Fehler der untersuchten Art machte.

-----

--

-----  
 --

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Helmut (1)	2	22	10	50	52
Helmut (2)	3	6	0	0	40
Kaltschrank	2	12	4	40	52

**Tabelle 60: Fehleranalyse der Ergebnisse der Kontrolle 2 (1988). "Verstecken und Suchen der Samen in der Sonne."**  
 Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.

Tabelle 60 zeigt die Ergebnisse der Kontrolle nach den Zeitumstellungsversuchen. In allen drei Versuchen wurden weniger Restfehler gemacht, als es der Erwartung entsprechen würde.

Die Tabellen 61 und 62 zeigen die Ergebnisse der Fehleranalyse der beiden Zeitumstellungsversuchen.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Juergen	2	19	5	29	52

**Tabelle 61: Fehleranalyse der Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche.**  
 Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.

In beiden Zeitumstellungsversuchen konnte nur ein Versuch zu dieser Auswertung herangezogen werden. Im Zeitumstellungsversuch lag der Kiefernhäher unterhalb des Wertes der Fehlererwartung. Im Normalisierungsversuch dagegen lag der Versuchsvogel mit der Anzahl der Fehler oberhalb der Erwartung.

Vogel	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Schatzee	2	25	14	61	52

**Tabelle 62: Fehleranalyse der Ergebnisse der Normalisierungsversuche.**  
 Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.

-----  
 --

-----  
 --

Die Tabellen 63 und 64 zeigen die Ergebnisse der Fehleranalyse der Versuche, die im Jahre 1990 durchgeführt wurden.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte Samen	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Juergen	1	4	6	0	0	27
Olga	1	3	15	4	33	40
Reiner	1	3	6	1	33	40
Olga	2	3	47	17	39	40
Juergen	3	2	21	7	37	40
Reiner	3	2	6	0	0	52
Reiner	4	2	3	0	0	52

**Tabelle 63: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche 1990. Gruppe A: "Verstecken und Suchen in der Sonne".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Tabelle 63 zeigt zunächst die Versuche der Versuchsgruppe A. Von den 7 in dieser Fehleranalyse ausgewerteten Versuchen lagen die Versuchstiere in allen Versuchen unterhalb des Erwartungswertes für eine gleichmäßige Fehlerverteilung.

Vogel	Ver #	Anzahl versteckte	Anzahl von ersten Besuchen zum Finden	Fehler falsch. Sek. falsch. Becher	Fehler in %	FW in %
Helmut	1	2	35	20	62	40
Helmut	3	2	15	8	62	40
Helmut	4	3	19	7	44	27
Alishka	4	2	36	14	41	27

**Tabelle 64: Fehleranalyse der Ergebnisse der Versuche 1990. Gruppe B: "Verstecken in der Sonne und Suchen im Schatten".**

*Die Fehler wurden in % ermittelt und der Fehlerwahrscheinlichkeit (FW) ebenfalls in % gegenübergestellt.*

Tabelle 64 zeigt die Ergebnisse der Versuchsgruppe B. In den hier ausgewerteten 4 Versuchen machten alle Vögel mehr Fehler in der Kategorie "falscher Sektor, falscher Becher" als es der Erwartung entsprechen würde.

-----  
 --

--

Tabelle 65 zeigt abschließend eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Fehleranalyse.

Versuch	Gesamtzahl Versuche	davon	
		> FW	< FW
Kontrolle 1	1	0	1
Zeitumstellung	1	0	1
Normalisierung	1	1	0
Kontrolle 2	3	0	3
1990 Gruppe A	7	0	7
1990 Gruppe B	6	6	0
Summe	19	7	12

**Tabelle 65: Übersicht der restlichen Fehler "falscher Sektor, falscher Becher".**

**FW= Erwartung der Fehlerwahrscheinlichkeit**

In 4 der 6 Versuchsbedingungen blieben die Vögel unterhalb der Fehlererwartung und in 2 Versuchen machten sie mehr Fehler als man bei einer gleichmäßigen Verteilung der Fehler erwarten müßte. Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Versuche, bei denen nur in einem Sektor versteckt wurde, ist dieses Ergebnis allerdings nicht signifikant ( $p > 0,05$ , Sign-Test).

Es bleibt unklar, weshalb sich das Ergebnis der Gruppe B, wenn Samen in zwei Sektoren versteckt sind, vom Ergebnis der Gruppe B, wenn nur in einem Sektor versteckt wurde, unterscheidet.

## 1.3 Diskussion

### 1.3.1 Genauigkeit der Versuche

Vergleicht man die hier dargestellten Ergebnisse der Kiefernhäher mit Ergebnissen die WILTSCHKO & BALDA (1989) bei Buschblauhähern (*Aphelocoma coerulescens*) fanden, fällt auf, daß die Buschblauhäher ihre versteckten Samen mit wesentlich höherer Genauigkeit wiederfinden als die Kiefernhäher in den hier dargestellten Versuchen. Einen direkten Vergleich zeigt Tabelle 66.

---

--

-----

--

Art	Kontr. 1	Zeitumstellung	Normalisierung	Kontr. 2
Kiefernhaeher	4,0	6,0	6,0	6,25
Buschblauhäher	2,5	3,1	3,0	3,5

**Tabelle 66: Vergleich der medianen Becherbesuche pro versteckten Samen bei Kiefernhähern und Buschblauhähern**

Es ist deutlich erkennbar, daß Kiefernhäher in allen Versuchsbedingungen mehr Becherbesuche pro versteckten Samen benötigten, als Buschblauhäher in der vergleichbaren Versuchsanordnung. Dies könnte dadurch erklärt werden, daß Kiefernhäher ein wesentlich differenzierteres Orientierungssystem haben und Buschblauhäher eine direktere Methode zum Finden ihrer Samen benutzen (siehe auch 1.3.2).

### 1.3.2 Zeitumstellungsversuche

Vergleicht man das Verhalten der Kiefernhäher in den Versuchsbedingungen mit verstellter innerer Uhr mit dem der Buschblauhäher wird klar, daß Buschblauhäher sich deutlich anders verhalten. Tabelle 67 und 68 zeigen die Ergebnisse der Buschblauhäher in den Bedingungen Zeitumstellung und Normalisierung analog zu Tabelle 3 und 4.

Vogel #	Anzahl versteckte Samen	Gefundene Original Samen	Gefundene gedrehte Samen	Fehler
1	3	1	3 *	3
2	4	2	4 *	12
3	2	2 *	0	2
4	2	0	2 *	6
5	4	1	4 *	20
6	2	1	2 *	11
7	3	1	3 *	1
8	4	0	4 *	5
8	24	8	22	60

**Tabelle 67: Übersicht der Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche mit Buschblauhähern.**

**Aus: WILTSCHKO & BALDA (1989). Ein vollständig wiedergefundener Samensatz ist durch ein Sternchen gekennzeichnet.**

Im Gegensatz zu Kiefernhähern, bei denen im Zeitumstellungsversuch mehr Vögel den selbst versteckten Samensatz fanden (7 Original- und 4 gedrehte Samensätze; siehe Tabelle 5), wurde von den

-----  
 --

Buschblauhähern in 7 Fällen der gedrehte Samensatz gefunden und nur einmal der selbst versteckte. Dies stellt einen deutlichen Unterschied im Verhalten gegenüber den Kiefernhähern dar.

Vogel #	Anzahl versteckte Samen	Gefundene Original Samen	Gefundene gedrehte Samen	Fehler
1	7	0	7 *	4
2	2	0	2 *	8
3	2	1	2 *	15
4	3	3 *	1	5
5	4	4 *	0	3
6	3	2	3 *	22
7	-	-	-	-
8	2	0	2 *	1
7	23	10	17	58

**Tabelle 68: Übersicht der Ergebnisse der Normalisierungsversuche mit Buschblauhähern.**

**Aus: WILTSCHKO & BALDA (1989). Ein vollständig wiedergefundener Samensatz ist durch ein Sternchen gekennzeichnet.**

In den Normalisierungsversuchen (Tabelle 68) ähneln sich die Ergebnisse der Kiefernhäher und der Buschblauhäher. Kiefernhäher fanden 3 mal ihren Original- Samensatz und 8 mal den gedrehten Satz (Tabelle 6), Buschblauhäher fanden 2 Mal den Originalsatz und 5 Mal den gedrehten Satz.

Die Verhaltensunterschiede der beiden Häherarten beruhen wohl zum Teil auf ökologischen Unterschieden. Der Buschblauhäher ist ein Bewohner eines Habitats, das in Amerika als Chaparrall bezeichnet wird. Diese Landschaft ist durch eine arides, relativ offenes, zum Teil mit Sträuchern und kleineren Bäumen bewachsenes Gebiet gekennzeichnet. Der Kiefernhäher dagegen lebt in Bergwäldern nahe der Baumgrenze. Dieses Habitat ist wesentlich strukturierter als das des Buschblauhähers. Dadurch können im Chaparrall Informationen des Sonnenkompasses leichter genutzt werden, als es in Wäldern der Fall ist. Dies legt die Annahme nahe, daß der Buschblauhäher mit einem einfacheren Orientierungssystem auskommt, das hauptsächlich Informationen des Sonnenkompasses verwendet. Der Kiefernhäher dagegen, als ein Bewohner eines strukturierteren Habitats, in dem Informationen des Sonnenkompasses nicht immer benutzt werden können, hat ein weiterentwickeltes Orientierungssystem, in dem mehrere redundante Informationsmöglichkeiten zur Orientierung herangezogen werden können. Dieses redundante

-----  
 --

Orientierungssystem würde Systemen entsprechen, wie sie auch bei Zugvögeln z. B. bei Gartengrasmücken (*Sylvia borin*) (ABLE & BINGMAN 1987; WILTSCHKO & WILTSCHKO 1988, 1991; WILTSCHKO et al. 1989) und auch bei Brieftauben (*Columba livia*) beschrieben wurden.

Desweiteren ist der Buschblauhäher als ein Bewohner eines wärmeren Habitats nicht so auf das Verstecken von Samen und das spätere Ausbeuten der Verstecke angewiesen wie der weitaus mehr spezialisierte Kiefernhäher. Er kann es sich damit leisten, eine einfachere, weniger differenzierte Methode der Orientierung zu benutzen. Dagegen mußte der Kiefernhäher, der viel mehr auf seine versteckten Samen angewiesen ist, im Laufe der Evolution ein komplexeres System der Orientierung entwickeln.

Die Anlage der Fähigkeit, Samen zu verstecken und mit hoher Genauigkeit wiederzufinden, scheint bei verschiedenen nordamerikanischen Häherarten unterschiedlich ausgeprägt zu sein und wurde von VANDER WALL & BALDA bereits 1981 auf ökologische Faktoren zurückgeführt. In dieser Arbeit wurden Kiefernhäher, Nacktschnabelhäher (*Gymnorhinus cyanocephalus*), Schwarzkopfhäher (*Cyanocitta stelleri*) und Buschblauhäher miteinander verglichen. Neben ökologischen Unterschieden der 4 Arten existieren weiterhin morphologische Unterschiede in der Schnabelform und in den Flugfähigkeiten der einzelnen Arten, sowie die weiter oben erwähnten morphologischen Anpassungen an den Transport der Samen.

Die gefundenen Ergebnisse decken sich auch mit Ergebnissen von BALDA & KAMIL (1989). In dieser Arbeit verglichen BALDA & KAMIL wiederum Kiefernhäher mit Buschblauhähern und mit Nacktschnabelhähern. Es stellte sich heraus, daß es Verhaltensunterschiede der drei Arten beim Lokalisieren der versteckten Samen gibt. Dies legte den Schluß nahe, daß es auch Unterschiede im Raumgedächtnis der drei Arten gibt.

### 1.3.3 Zusammenfassung der gefundenen Ergebnisse

Aus den gefundenen Versuchsergebnissen lassen sich mehrere Schlüsse ziehen. Zum einen zeigen die Versuchsergebnisse, daß die Kiefernhäher ihre versteckten Samen hochsignifikant genauer wiederfinden als

---

-----  
--

es dem Zufall entsprechen würde. Wie schon weiter oben diskutiert zeigt dies, daß der Versuchsansatz dazu geeignet ist, Aussagen über das Orientierungssystem der Häher zu gewinnen.

Weiterhin läßt sich in den Zeitumstellungsversuchen keine signifikante Bevorzugung eines Samensatzes erkennen. Auch die Zahl der Fehler unterscheidet sich in beiden Bedingungen nicht signifikant voneinander. Wie schon weiter oben diskutiert läßt das den Schluß zu, daß die Vögel bei der Samensuche eine Mischstrategie zwischen reinem Benutzen des Sonnenkompasses und Merken von Orten anhand von kompaßunabhängigen Faktoren (Landmarken?) verfolgen.

Die Ergebnisse der Fehleranalyse lassen allerdings den Schluß zu, daß der Sonnenkompaß zu-  
mindestens eine Rolle, im Orientierungssystem der Kiefernhäher spielt.

Daß die Kiefernhäher in der Zeitumstellungsserie mehr Original Samensätze ausbeuten als Samensätze, die eine Benutzung des Sonnenkompasses nahelegen, in der Normalisierungsserie ihr Verhalten aber ändern, könnte auch noch andere Gründe haben. So ist es denkbar, daß die Tiere, die vor den Volierenversuchen über einen längeren Zeitraum, zum Teil über mehrere Jahre, die Sonne nicht mehr gesehen hatten, den Sonnenkompaß erst wieder erlernen müssen. Im Zeitumstellungsversuch werden Informationen des Sonnenkompasses im geringeren Umfang zur Orientierung herangezogen als andere Orientierungsmechanismen. Im Normalisierungsversuch dagegen werden Informationen des Sonnenkompasses nun stärker gewichtet und intensiver zur Orientierung herangezogen.

-----  
--

## ERGEBNISSE UND DISKUSSION

### 2. Eichelhäher

Mit Eichelhähern führte ich insgesamt 497 Einzelversuche unter verschiedenen Versuchsbedingungen durch. Dabei erfolgten 110 Versuche analog zu den Testbedingungen bei Kiefernhähern (siehe Material und Methode 3.2). Die Versuche verteilten sich dabei folgendermaßen:

Habituationen	62
Habituationen über 4 Stunden	23
Habituationen mit 8 Wannern	25

In diesen 110 Versuchen wurde in drei Fällen ein Samen von den Eichelhähern versteckt. Zwei dieser versteckten Erdnüsse wurden anschließend wiedergefunden. Eine Übersicht dieser Versuche liefert Tabelle IV im Anhang.

Da diese Versuche zu wenige Ergebnisse lieferten, ging ich ab Januar 1991 zu einem neuen Versuchsansatz über (siehe Material und Methode 3.2.1 und 3.2.2).

Mit dem veränderten Versuchsansatz wurden 387 Versuche durchgeführt. Eine Übersicht der im folgenden ausgewerteten Versuche zeigt Tabelle 69.

Versuchsvogel	Kontrollen	Zeitumstell	Normalis	Langzeitk.	Erfolgl.
Beate	3	3	3	-	5
Boris	5	3	3	1	1
Bud	2	2	2	1	1
Freitag	1	1	1	-	-
Gaby	1	1	1	-	-
Mona Lisa	2	1	1	-	1
Steffie	4	4	4	2	-

*Tabelle 69: Anzahl der Einzelversuche in der ab Januar 1991 benutzten Versuchsordnung.*

Die restlichen Versuche verteilen sich auf Trainingstests, Qualifikationen und erfolglose Versuche.

## 2.1 Versuche analog zu den Versuchen, die mit Kiefernähern durchgeführt wurden

Zu Beginn der Versuche mit Eichelhähern mußte zunächst eine Methode entwickelt werden, die Vögel in ihrem Orientierungsverhalten bei der Samensuche zu testen. Mit Kiefernähern war eine Methode erprobt (z.B. KAMIL & BALDA 1985), die sich problemlos auch in der Versuchsvoliere reproduzieren ließ (siehe Versuche mit Kiefernähern weiter oben). Auch in Versuchen mit anderen Corvidenarten z. B. dem Buschblauhäher (*Aphelocoma coerulescens*) (WILTSCSKO & BALDA 1989) und dem Blauhäher (*Cyanocitta cristata*) (eigene Versuche 1989 unveröffentlicht) wurde die Methode erfolgreich angewandt. Ich habe sie deshalb auch beim Eichelhäher eingesetzt (siehe auch Material und Methode 3.1). Zwischen dem 11.07.1990 und dem 16.11.1990 wurden so 116 Versuche durchgeführt. Die Verteilung der Einzelversuche auf die Versuchstiere zeigt Tabelle IV im Anhang.

Zuerst wurden 22 Habituationen ohne Samen durchgeführt. Dabei waren die Eichelhäher hungrig, und sie sollten in den mit Sand gefüllten Bechern suchen. Während dieser Versuche wurde von den Vögeln nicht ein einziges Mal einer der mit Sand gefüllten Becher besucht. Deshalb ging ich dazu über, den Eichelhähern in der Mitte der Voliere und zusätzlich auf den Bechern der mittleren Reihe 50 Erdnüsse anzubieten. Unter diesen Bedingungen wurden 40 Habituationen durchgeführt.

Alle diese Habituationen führten ebenfalls nicht ein einziges Mal zu einem Erfolg, so daß die Zeit, die ein Eichelhäher in der Voliere verblieb, von einer Stunde auf 4 Stunden erhöht wurde. Außerdem wurde in diesen Versuchen die Anzahl der Erdnüsse auf 24 reduziert, die auf jeden zweiten Becher gelegt wurden. Unter dieser Bedingung wurden weitere 23 Tests durchgeführt. 21 dieser Versuche blieben wieder erfolglos, in zwei Versuchen wurde eine Erdnuß versteckt (siehe 2.1.1)

Nachdem auch die Verlängerung der Zeit, die die Versuchsvögel in der Voliere verbrachten, keine Veränderung im Verhalten bewirkte, wurden zusätzlich zu den mit Sand gefüllten Bechern 8 größere Wannen, die ebenfalls mit Sand gefüllt wurden, in der Voliere aufgestellt. Je eine Wanne wurde in einem der 8 Sektoren plaziert und zwar so, daß die Wannen gerade das innerste Loch, aus dem der Sandbecher entfernt wurde, bedeckten.

---

Mit diesen Wannen wurden nochmals 25 Versuche unternommen. Bis auf einen Versuch (siehe 2.1.1) mißlang auch dieser Versuchsansatz.

In 4 dieser Versuche wurde ein Altvogel, der noch in den Versuchsablauf integriert wurde, zusammen mit einem Jungvogel in die Voliere gelassen. Ich hoffte, daß die Jungvögel von diesem Altvogel vielleicht das Samenverstecken erlernen würden. Dieser Altvogel starb aber nach kurzer Zeit, so daß dieser Versuchsansatz nicht weiter verfolgt werden konnte. In diesen 4 Versuchen wurden weder von dem Altvogel noch von den Jungvögeln Verstecke angelegt. In manchen der Habituationen wurde die Voliere auch von freilebenden Eichelhähern besucht, die sich im Garten des Instituts aufhielten. Direkte Interaktionen dieser freilebenden Tiere mit den Versuchsvögeln konnten nur ein einziges Mal beobachtet werden, als ein Versuchsvogel von einem freilebenden Eichelhäher durch das Gitter gefüttert wurde.

### 2.1.1 Erfolgreiche Versuche

In all diesen Versuchen wurde nur dreimal eine Erdnuß von den Vögeln versteckt. In einem der 4 Stunden dauernden Versuche versteckte der Vogel Gaby eine Erdnuß, war aber nicht in der Lage, diese versteckte Nuß in zwei darauf folgenden Versuchen zu finden. In einem späteren Versuch versteckte Gaby wiederum eine Nuß, die der Vogel im anschließenden Findeversuch mit einem Fehler wiederfinden konnte.

In einem weiteren dieser Versuche wurde vom Versuchsvogel Bud eine Erdnuß in einer der Wannen versteckt. Diese Erdnuß fand er im nachfolgenden Versuch fehlerfrei wieder.

Leider waren diese drei Ereignisse die einzigen, in denen von Eichelhähern aktiv Samen versteckt wurden, so daß ich nach einer Versuchspause von 6 Wochen mit einem neuen Versuchsansatz anfang.

### 2.1.2 Andere Samen

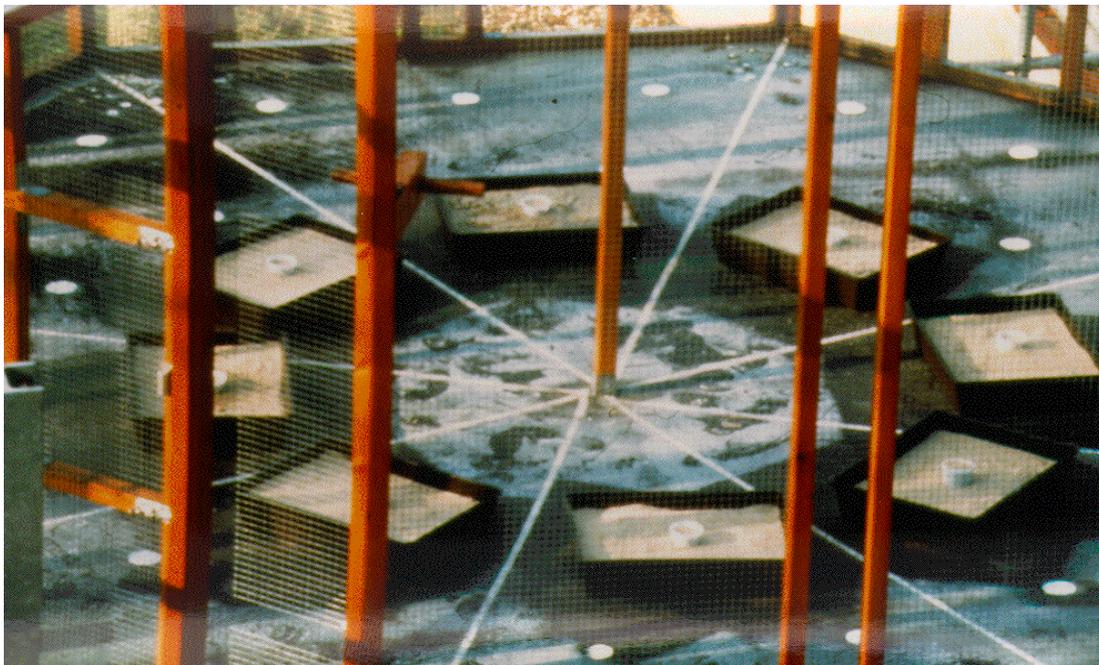
In drei der eine Stunde dauernden Habituationsversuche wurden anstatt der Erdnüsse Zirbelkiefersamen (*Pinus cembra*) angeboten, da HOLTHEIMER (1966) beschrieb, daß zumindestens Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*) Zirbelkiefersamen verzehren und verstecken. Aber im Gegensatz zu den Erdnüssen, die von den Vögeln zumindestens gefressen wurden, wurden die Zirbelkiefersamen nie

---

angerührt. In den beschriebenen vierstündigen Versuchen wurden in 5 Versuchen anstatt Erdnüssen Eicheln (*Quercus robur*) angeboten und in weiteren 4 Versuchen Eicheln und Erdnüsse. Auch in allen Versuchen mit 8 Wannen wurden sowohl Erdnüsse als auch Eicheln angeboten. In keinem einzigen Fall wurden von den Eichelhähern die Eicheln angenommen. Entweder wurden die Eicheln ignoriert, oder die Häher spielten mit ihnen. Sie wurden aber nie gefressen oder versteckt.

## 2.2 Versuche, in denen die Erdnüsse nicht vom Versuchsvogel versteckt wurden

Nachdem alle Ansätze gescheitert waren, mit Eichelhähern Versuche durchzuführen, die denen mit Kiefernähern entsprachen, wurde ab Januar 1991 die Versuchsheuristik vollständig geändert. Sämtliche mit Sand gefüllten Becher in der Voliere wurden gegen Stöpsel ausgetauscht. Die mit Sand gefüllten Wannen, die schon in den unter 2.1 beschriebenen Versuchen verwendet wurden, verblieben in der Voliere, wurden aber durch einen mit Sand gefüllten Becher erweitert, der am Schnittpunkt der Diagonalen der Wannen im Sand vergraben wurde. In diesem Becher wurden dann von mir Erdnüsse versteckt, wie schon in Material und Methode 3.2 beschrieben. Ein Bild der Versuchsvoliere in der neuen Anordnung zeigt Abbildung 13.



-----  
--

**Abbildung 13: Versuchsvoliere in Frankfurt am Main mit Anordnung der Wannen.**

Zwischen dem 14.01.1991 und dem 13.08.1991 wurden unter diesen Versuchsbedingungen 387 Versuche durchgeführt. Eine Übersicht dieser Versuche, die einzelnen Bedingungen und wie sie sich auf die Versuchsvögel aufteilten geben Tabellen V + VI im Anhang. Eine Übersicht der erfolgreichen Versuche dieser Versuchsbedingung zeigt Tabelle 52.

### 2.2.1 Trainingsversuche

Unter der neuen Versuchsbedingung gelang es relativ schnell, die Vögel auf eine Wanne zu dressieren. Die folgende Aufstellung zeigt, wieviele Versuche, inklusive der 4 erfolgreichen Versuche, die jeder Eichelhäher vor dem ersten Versuch zu absolvieren hatte, jeder Versuchsvogel vor dem ersten Test absolviert hatte:

Vogel	Anzahl
-----	-----
Beate	32
Boris	19
Bud	37
Freitag	19
Gaby	20
Mona Lisa	15
Steffie	17

**Tabelle 53: Anzahl der Trainingsversuche der einzelnen Vögel**

Es wurden außerdem noch Trainingsversuche mit 2 anderen Eichelhähern unternommen, die aber nicht zu Ergebnissen führten. Einer der Vögel war nicht in der Lage, die versteckten Samen zu finden, der andere verstarb kurz vor dem ersten Versuch.

Wenn die Vögel in 4 aufeinanderfolgenden Versuchen fehlerfrei die versteckten Erdnüsse gefunden hatten, wurde mit der ersten Versuchsreihe begonnen.

### 2.2.2 Qualifikationen zwischen den Versuchen

Nach jedem vollständigem Versuchstriplett, das aus einer Kontrolle, einem Zeitumstellungsversuch und anschließender Normalisierung bestand, mußten die Vögel wieder analog zur Trainingsphase eine Phase

-----  
--

-----  
 --

von 4 erfolgreichen, fehlerlosen Versuchen absolvieren, um damit die Qualifikation für ein erneutes Versuchstriplet zu erlangen.

Bis auf einen Vogel absolvierten alle Tiere mehrere Durchgänge von Versuchstripletts. Die Anzahl der tatsächlichen Qualifikationen zwischen den Durchgängen zeigt Tabelle 70.

Versuchsvogel	Anzahl der Qualifikationen zwischen Versuch		
	1 und 2	2 und 3	3 und 4
Beate	4	5	-
Boris	19	4	-
Bud	15	-	-
Freitag	4	-	-
Steffie	4	4	5

**Tabelle 70: Anzahl der Qualifikationen zwischen den Versuchstripletts**

Freitag erscheint mit in dieser Tabelle, da er die Qualifikationen für eine neuerliche Versuchsrunde absolvierte.

Es brauchten sowohl Boris als auch Bud überdurchschnittlich viele Qualifikationen zwischen dem ersten und dem zweiten Versuch. Bud brauchte auch in der Trainingsphase schon wesentlich mehr Versuche als der mediane Durchschnitt der Eichelhäher. In den Kontrollversuchen (siehe 2.2.3) blieb er aber fehlerlos. Boris entsprach hier allerdings mit 19 Versuchen genau dem Medianwert der Trainings. In der Anzahl der Qualifikationen zwischen dem zweiten und dem dritten Triplet entspricht seine Leistung mit 4 Qualifikationen dem niedrigsten möglichen Wert. Es fällt also schwer, zu erklären, warum Boris zwischen der ersten und zweiten Versuchsrunde so viele Tests brauchte.

### 2.2.3 Kontrollen

Jedes der erwähnten Versuchstripletts begann entweder mit einem Kontrollversuch, oder endete mit einer Kontrolle. Mit den Kontrollversuchen sollte eine Datengrundlage geschaffen werden, mit der dann die Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche beurteilt werden konnte. Eine Übersicht der Ergebnisse der Kontrollversuche zeigt Tabelle 71.

-----  
 --

-----  
 --

Versuchsvogel	n	a	r
Beate	3	360	1,00
Boris	10	341	0,82
Bud	3	360	1,00
Freitag	4	360	1,00
Gaby	6	49	0,69
Mona Lisa	4	11	0,94
Steffie	12	3	0,98
Summe	42	3	0,85

**Tabelle 71: Ergebnisse der Kontrollversuche mit Eichelhähern.**

*n* = Stichprobengröße (Anzahl Wannenbesuche); *a* = Mittelwinkel; *r* = Vektorlänge

In Tabelle 71 sind die Ergebnisse der Kontrollen der einzelnen Versuchsvögel für jedes Individuum zusammengefaßt, außerdem wurden danach die Ergebnisse aller Versuchstiere nochmals zusammengefaßt (Summe). In dieser wie in den folgenden Tabellen wird mit der Stichprobengröße *n* die Anzahl der Besuche des Vogels auf einer Wanne bezeichnet, unabhängig davon, ob der Vogel in der Wanne sucht oder nicht.

In den Kontrollversuchen blieben die Eichelhäher Beate, Bud und Freitag fehlerlos. Auch Mona Lisa und Steffie haben noch sehr hohe Vektorlängen und Mittelwinkel, die nahe der Originalwanne liegen. Gaby dagegen zeigt einen Mittelwinkel von 49° und bevorzugt damit bereits im Kontrollversuch eine Wanne, die sich im Uhrzeigersinn neben der antrainierten Wanne befindet. Die Vektorlänge von 0,69 zeigt, daß in den Kontrollversuchen von Gaby bereits viele Fehler gemacht wurden.

Werden sämtliche Einzelergebnisse zusammengefaßt, ergibt sich ein Mittelwinkel  $\alpha$  von 3° mit einer Vektorlänge *r* von 0,85. Der zu erwartende Winkel für die Kontrolle beträgt 360° und unterscheidet sich somit nicht von dem gefundenen Wert, wenn man die Unschärfe des Versuchsansatzes in Betracht zieht. Die Fehler von Gaby wurden hier von Boris kompensiert. Die gefundene Vektorlänge hat noch einen akzeptablen Wert für die Genauigkeit einer Kontrolle. Der gewählte Versuchsansatz ist also in der Lage, Antworten auf die gestellten Fragen zu geben.

-----  
 --

-----  
 --

### 2.2.4 Zeitumstellungsversuche

Entweder zu Beginn der Versuchsreihe oder nach der Kontrolle wurde die innere Uhr der Eichelhäher um 6 Stunden nach vorne verstellt (Fastshift). Diese Versuche wurden durchgeführt, da mit einer Umstellung der inneren Uhr ein Gebrauch des Sonnenkompasses einfach nachgewiesen werden kann. Eine Übersicht der Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche zeigt Tabelle 72.

Versuchsvogel	n	a	r
Beate	32	18	0,54
Boris	16	329	0,45
Bud	20	325	0,78
Freitag	4	10	0,61
Gaby	15	231	0,45
Mona Lisa	11	360	0,22
Steffie	39	350	0,62
Summe	137	345	0,45

**Tabelle 72: Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche mit Eichelhähern.**

*n = Stichprobengröße (Anzahl Wannenbesuche); a = Mittelwinkel; r = Vektorlänge*

Bei einer Verstellung der inneren Uhr um 6 Stunden kann man bei Brieftauben mit einer Abweichung der Abflugrichtung von bis zu 90° gegenüber einer unbehandelten Kontrollgruppe rechnen (SCHMIDT-KOENIG 1958). Bei einer Verstellung der Uhr nach vorne (Fastshift) tritt diese Abweichung entgegen dem Uhrzeigersinn auf, bei einer Verstellung der Uhr nach hinten (Slowshift) tritt die Abweichung im Uhrzeigersinn auf.

Bei meinen Versuchen sollte also in den Zeitumstellungsversuchen unter der Voraussetzung, daß die Vögel den Sonnenkompaß zur Orientierung bei der Samensuche benutzen, ein Mittelwinkel von 270° auftreten, oder es sollten zumindestens von den Vögeln Winkelrichtungen gezeigt werden, die im vierten Quadranten (zwischen 270° und 360°) liegen.

-----  
 --

Zwei der Versuchsvögel, Beate und Freitag, zeigten in den Zeitumstellungversuchen eine Abweichung im Uhrzeigersinn, Mona Lisa zeigte keine Abweichung. Die übrigen 4 Vögel zeigten eine mehr oder weniger große Abweichung in die vorausgesagte Richtung. Die größte Abweichung zeigt hier Gaby, die in der Kontrolle am weitesten im Uhrzeigersinn abwich. Bei allen Vögeln ist festzustellen, daß die Vektorlänge in den Zeitumstellungversuchen gegenüber den Kontrollen abnimmt, und daher die Streuung zunimmt.

Bei der Zusammenfassung aller Einzelwerte erhält man einen Mittelwinkel  $\alpha$  von  $345^\circ$  mit einer Vektorlänge  $r$  von 0,45. Der Mittelwinkel ist in den Zeitumstellungversuchen also nur um  $15^\circ$  in die vorausgesagte Richtung verschoben. Die Vögel brauchten mehr als dreimal soviel Versuche zum Finden der Samen (137) wie in den Kontrollversuchen (42). Die Streuung hat mit einer Vektorlänge von 0,45 gegenüber den Kontrollen stark zugenommen, die eine Vektorlänge von 0,85 zeigten.

### 2.2.5 Normalisierungsversuche

Unmittelbar nach den Zeitumstellungsversuchen wurden die Eichelhäher wieder dem natürlichen Hell-Dunkelrhythmus ausgesetzt. Nachdem sie mindestens 6 Tage in dieser Photoperiode gelebt hatten, wurden sie wieder getestet. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigt Tabelle 73.

Versuchsvogel	n	a	r
Beate	4	360	1,00
Boris	5	351	0,95
Bud	7	354	0,96
Freitag	4	315	0,85
Gaby	4	32	0,80
Mona Lisa	4	360	1,00
Steffie	31	3	0,67
Summe	59	359	0,77

**Tabelle 73: Ergebnisse der Normalisierungsversuche mit Eichelhähern.**

*n* = Stichprobengröße (Anzahl Wannenbesuche); *a* = Mittelwinkel; *r* = Vektorlänge

Unter dieser Versuchsbedingung sollten die Tiere wieder Werte analog zu den Kontrollversuchen zeigen, da diese Versuche unter dem natürlichen Hell-Dunkelrhythmus stattfanden und damit den Kontrollen entsprachen.

-----  
 --

Zwei der Versuchsvögel, Beate und Mona Lisa, zeigten hier eine fehlerlose Versuchsserie. Freitag und Beate, deren Mittelwinkel in den Zeitumstellungversuchen im Uhrzeigersinn gedreht waren und die sich damit von der übrigen Gruppe unterschieden, zeigen jetzt Mittelwinkel, die entgegen dem Uhrzeigersinn der in den Zeitumstellungversuchen gezeigten liegen. Gaby, die unter den Zeitumstellungsbedingungen die größte Drehung zeigte, zeigt mit  $\alpha = 32^\circ$  auch hier wieder die größte Drehung. Bei sämtlichen Versuchstieren nimmt hier gegenüber den Zeitumstellungversuchen der Betrag der Vektorlänge zu. Entsprechend nimmt die Streuung der Versuche ab, die Samen zu finden. In der Summe aller Versuchstiere läßt sich gegenüber den Zeitumstellungsversuchen eine Drehung im Uhrzeigersinn um  $14^\circ$  und eine deutliche Verringerung der Streuung erkennen.

### 2.2.6 Langzeitkontrollen

Mit einem Vogel wurde während der laufenden Versuche und mit 3 anderen nach Abschluß der Versuche Langzeitkontrollen durchgeführt. Die Vögel wurden, nachdem sie mehrere Wochen nicht in der Versuchsvoliere gewesen waren, unter Kontrollbedingungen getestet. Die Ergebnisse dieser Langzeitkontrollen zeigt Tabelle 74.

Versuchsvogel	Intervall in Tagen	n	a	r
Steffie	42	6	7	0,96
Steffie	46	6	360	1,00
Boris	60	5	360	1,00
Bud	64	2	360	1,00

**Tabelle 74: Ergebnisse der Langzeitkontrollen mit Eichelhähern.**

*n = Anzahl der Wannebesuche; a = Mittelwinkel; r = Vektorlänge*

In diesen Versuchen wurde nur im ersten Versuch von Steffie, die diese Versuchsanordnung zweimal durchlief, die benachbarte Wanne besucht. Sämtliche anderen Langzeitkontrollen wurden von den Vögeln fehlerlos absolviert. Es wird bei den Ergebnissen der Langzeitkontrollen deutlich, daß Eichelhäher auch nach einer Zeit von 2 Monaten noch in der Lage sind, fehlerfrei ihre versteckten Samen wiederzufinden.

-----  
 --

-----  
 --

### 2.2.7 Ergebnisbetrachtung

In Tabelle 75 sind Betrag und Richtung der Abweichungen des Mittelwinkels  $\alpha$  und der Vektorlänge  $r$  zwischen den Versuchsbedingungen aufgetragen.

Vogel	K 1 ----> Zu		Zu ----> K 2		K 1 ----> K 2	
	$\Delta a$	$\Delta r$	$\Delta a$	$\Delta r$	$\Delta a$	$\Delta r$
Beate	+ 18	- 0,46	- 18	+ 0,46	$\pm$ 0	$\pm$ 0,00
Boris	- 12	- 0,37	+ 22	+ 0,50	+ 10	+ 0,13
Bud	- 35	- 0,22	+ 29	+ 0,18	- 6	- 0,04
Freitag	+ 10	- 0,39	- 55	+ 0,24	- 45	- 0,15
Gaby	- 178	- 0,24	+ 161	+ 0,35	- 17	+ 0,11
Mona Lisa	+ 11	- 0,72	$\pm$ 0	+ 0,78	- 11	+ 0,06
Steffie	- 13	- 0,36	+ 13	+ 0,05	$\pm$ 0	- 0,31
Summe	- 18	- 0,40	+ 14	+ 0,32	- 4	- 0,08

**Tabelle 75: Betrag und Richtung der Abweichungen des Mittelwinkels  $a$  und der Vektorlänge  $r$  zwischen den Versuchsbedingungen.**

**K 1: Kontrolle vor Zeitumstellung; Zu: Zeitumstellungsversuch; K 2: Kontrolle nach Zeitumstellung.**

Bei den Mittelwinkeln bedeutet ein positives Vorzeichen eine Drehung im Uhrzeigersinn, ein negatives eine Drehung gegen den Uhrzeigersinn. Die Änderung ist immer in Pfeilrichtung des Tabellenkopfes aufgetragen. Zum Beispiel bedeutet im Vergleich zwischen Kontrolle und Zeitumstellung ein negatives Vorzeichen, daß die Eichelhäher mit verstellter innerer Uhr eine Mittelrichtung zeigen, deren Wert entgegen dem Uhrzeigersinn gerichtet ist. Bei der Vektorlänge bedeutet dementsprechend ein positives Vorzeichen eine Abnahme der Streuung, ein negatives Vorzeichen bezeichnet eine Zunahme der Streuung.

Zusammenfassend läßt sich erkennen, daß bei einer um 6 Stunden verstellten inneren Uhr die Versuchsvögel eine Abweichung von 18° von den Kontrollen zeigen. Diese Abweichung zeigt in die vorausgesagte Richtung, unter der Voraussetzung, die Eichelhäher benutzen Informationen des Sonnenkompasses bei der Samensuche. Dieser Richtungsunterschied unterscheidet sich nicht signifikant von den Kontrollversuchen ( $p > 0,05$ , Sign-Test). Allerdings entspricht die Differenz nicht der Erwartung. Worauf sich dies zurückführen läßt, ist nicht vollständig klar. Auch die Einzelvögel zeigen, abgesehen von Gaby, bei der sich die Orientierung im Zeitumstellungsversuch stark ändert, nur Abweichungen kleiner als 90°. Bei der Einzelvogelbetrachtung ist dann bei 3 Vögeln eine Abweichung im Uhrzeigersinn festzustellen.

-----  
 --

Im Normalisierungsversuch zeigen die Eichelhäher eine Richtungsänderung um  $14^\circ$  im Uhrzeigersinn und damit wiederum in die vorausgesagte Richtung. Diese Richtungsänderung unterscheidet sich nicht signifikant von den Kontrollen ( $p > 0,05$ , Sign-Test).

Die Streuung der Zeitumstellungsversuche liegt deutlich über der der Kontrollen. Sämtliche Vögel reagierten auf die Zeitumstellung mit einer Erhöhung der Streuung. Die Vektorlänge  $r$  verringerte sich fast um die Hälfte des Kontrollwerts. Diese Zunahme der Streuung ist auf dem 5% Niveau signifikant (Sign-Test und Wilcoxon-Test).

Betrachtet man die Ergebnisse der Normalisierungsversuche, nimmt die Streuung signifikant ab ( $p < 0,05$ , Sign-Test und Wilcoxon-Test).

Vergleicht man dagegen die Ergebnisse der Normalisierungsversuche aller Vögel mit den Ergebnissen der Kontrollen, ergibt sich nur ein geringfügiger Richtungsunterschied von  $\Delta \alpha = -4^\circ$  und eine Erhöhung der Streuung von  $\Delta r = -0,08$ . Diese Unterschiede sind nicht signifikant ( $p > 0,05$ , Sign-Test und Wilcoxon-Test). Diese Ergebnisse entsprechen auch der Erwartung, da die Normalisierungsversuche unter denselben Bedingungen wie die Kontrollen stattfanden und daher keine Unterschiede auftreten sollten.

Um das Verhalten der Vögel in den einzelnen Bedingungen besser analysieren zu können, wird in der folgenden Tabelle (76) nochmals die Anzahl der Besuche der einzelnen Wannen dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion -Eichelhäher-

-----

--

VOGEL	Bedingung	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°
Beate	K	--	--	--	--	--	--	--	3
	Zu	6	4	1	2	1	2	1	15
	K 2	--	--	--	--	--	--	--	4
Boris	K	--	--	--	--	--	2	1	7
	Zu	2	1	1	--	1	4	3	4
	K 2	--	--	--	--	--	--	1	4
Bud	K	--	--	--	--	--	--	--	3
	Zu	--	--	--	--	--	6	4	10
	K 2	--	--	--	--	--	--	1	6
Freitag	K	--	--	--	--	--	--	--	4
	Zu	2	--	--	--	--	1	--	1
	K 2	--	--	--	--	--	1	2	1
Gabi	K	2	1	1	--	--	--	--	2
	Zu	1	--	1	2	7	1	1	2
	K 2	1	1	--	--	--	--	--	2
Mona Lisa	K	1	--	--	--	--	--	--	3
	Zu	1	--	1	3	--	--	2	4
	K 2	--	--	--	--	--	--	--	4
Steffie	K	1	--	--	--	--	--	--	11
	Zu	6	1	1	1	1	5	6	18
	K 2	3	2	1	1	1	1	3	19
Summe	K	4	1	1	--	--	2	1	33
	ZU	18	6	5	8	10	17	17	54
	K 2	4	3	1	1	1	2	7	40

**Tabelle 76: Anzahl der Besuche der einzelnen Wannen über die 3 Versuchsbedingungen.**

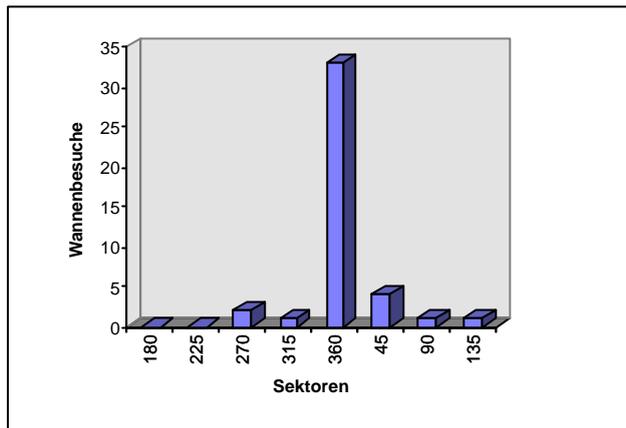
**Einzelvogelbetrachtung und Summe der Besuche über die Versuchsbedingungen.**

**K= Kontrolle vor Zeitumstellung; Zu= Zeitumstellung; K 2= Kontrolle nach Zeitumstellung**

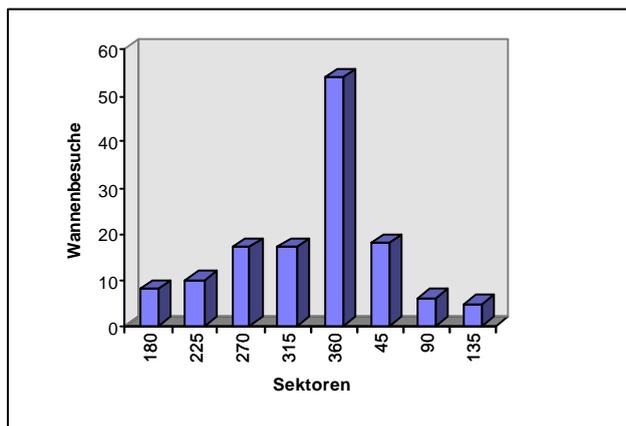
Die Tabelle zeigt die Besuche der einzelnen Wannen in den Versuchsbedingungen Kontrolle, Zeitumstellung und Kontrolle 2 nach der Zeitumstellung und anschließender Normalisierung der Tiere. Außerdem zeigt die Tabelle die Summe der Besuche der Wannen in den einzelnen Versuchsbedingungen. Wie man deutlich sieht, wird in den Kontrollversuchen der Originalsektor 360° bevorzugt. Im Zeitumstellungsversuch nimmt die Streuung deutlich zu. Es läßt sich eine leichte Tendenz erkennen, Sektoren entgegen dem Uhrzeigersinn zu besuchen. Bei der Kontrolle nach erfolgter Normalisierung der Versuchstiere ist die Streuung wieder deutlich kleiner. Diese Ergebnisse sind in den Abbildungen 14 bis 16 als Balkengraphik dargestellt:

-----

--

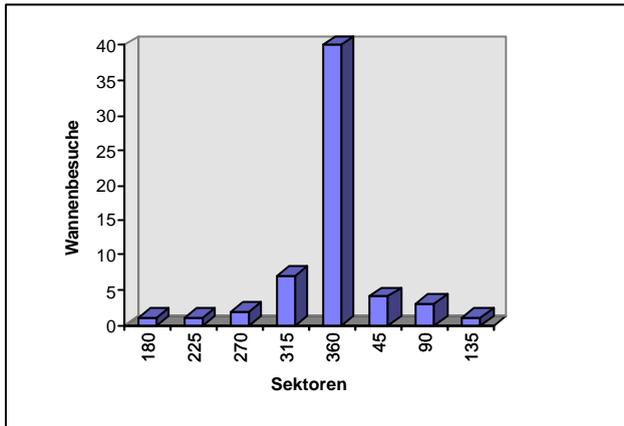


*Abbildung 14: Kontrollversuche vor Zeitumstellung.  
Die Y-Achse entspricht der Anzahl der Besuche, die  
X-Achse den Sektoren.*



*Abbildung 15: Zeitumstellungsversuche.  
Die Y-Achse entspricht der Anzahl der Besuche, die  
X-Achse den Sektoren.*

-----  
 --



*Abbildung 16: Kontrollversuche nach Zeitumstellung.*

*Die Y-Achse entspricht der Anzahl der Besuche, die X-Achse den Sektoren.*

Aus den Graphiken geht die Verteilung der Besuche der Wannen in den drei Versuchsbedingungen hervor. Aufgetragen ist jeweils die Summe der Wannenbesuche der Einzelversuche.

Tabelle 77 zeigt die Anzahl der Fehler, die die Versuchstiere in den Bedingungen Kontrolle 1, Zeitumstellung und Kontrolle 2 gezeigt haben.

Versuchsvogel	Fehler K1	Fehler Zu	Fehler K2
Beate	0 0 0 - -	0 1 1 10 5	0 0 0 - -
Boris	0 1 1 0 1	4 6 2 - -	0 1 0 - -
Bud	0 0	10 0	0 1
Freitag	0	3	3
Gaby	4	13	2
Mona Lisa	0 1	7 -	0 -
Steffie	1 0 0 0	4 2 15 0	6 0 6 0
Summe	9	83	19

-----  
 --

*Tabelle 77: Anzahl der von Eichelhähern in den einzelnen Versuchsbedingungen gemachten Fehler.*

*Die Langzeitkontrollen sind hier nicht berücksichtigt.*

*K1= Kontrolle vor den Zeitumstellungsversuchen; K2= Kontrolle nach den Zeitumstellungsversuchen;*

*Zu= Zeitumstellungsversuch*

Errechnet man aus den Ergebnissen der Einzelvögel die mediane Fehleranzahl der einzelnen Versuchsbedingungen, und vergleicht danach die mediane Fehleranzahl der Kontrolle vor den Zeitumstellungsversuchen mit der medianen Fehleranzahl der Zeitumstellungsversuche stellt man fest, daß jeder Versuchsvogel in den Zeitumstellungsversuchen signifikant mehr Fehler gemacht hat ( $p < 0,05$ , Sign-Test und Wilcoxon-Test). Vergleicht man die mediane Fehleranzahl der Zeitumstellungsversuchen mit der der Kontrolle 2, erkennt man wieder einen deutlichen Unterschied, der aber nicht mehr signifikant ist ( $p > 0,05$ , Sign-Test und Wilcoxon-Test).

## 2.3 Diskussion

### 2.3.1 Vorversuche

Es ist schwer einzuschätzen, warum die Eichelhäher nicht selbständig Samen versteckten. Es ist bekannt, daß freilebende Eichelhäher Eicheln verstecken, (BOSSEMA 1979) und damit einen nicht unwesentlichen Anteil am Bestand und Ausbreitung der Eichenwälder haben. Mit Kiefernähern war eine Versuchsmethode erprobt (KAMIL & BALDA 1985), die sich problemlos auch in der hier verwendeten Versuchsvoliere reproduzieren ließ. Auch in Versuchen mit anderen Corvidenarten z. B. dem Buschblauhäher (WILTSCHKO & BALDA 1989) und dem Blauhäher (eigene Versuche in der Versuchsvoliere in Flagstaff 1989, unveröffentlicht) wurde die Methode erfolgreich angewandt. Ich glaubte deshalb, diese Methode würde sich auch bei Eichelhähern anwenden lassen. Dies gelang aber nicht, da die Tiere nicht dazu zu bewegen waren, Samen zu verstecken. BOSSEMA (1979) dagegen berichtet von Eichelhähern, die in Gefangenschaft Eicheln in einer Versuchsvoliere mit Sandboden versteckten.

Es besteht die Möglichkeit, daß die Versuchstiere nicht dazu zu bewegen waren, selbständig Samen zu verstecken, unter Umständen mit der Altersstruktur der Vögel zusammen hängt. Bis auf Steffie und einen

---

--

weiteren Versuchsvogel, der aber noch während der Vorversuche starb, handelte es sich bei meinen Versuchstieren um Jungtiere. Die ergebnislosen Vorversuche und Verhaltensbeobachtungen während dieser Versuche lassen darauf schließen, daß Eichelhäher im Herbst erst von Altvögeln lernen müssen, Samen wie Eicheln zu fressen und zu verstecken. Deshalb konnten die Tiere auch mit den angebotenen Eicheln nichts anfangen und spielten nur damit, nachdem sie beobachtet hatten, daß freilebende Eichelhäher Eicheln, die ihnen neben der Versuchsvoliere angeboten wurden, aufnahmen und mit ihnen wegflogen. Da es sich bei den Versuchsvögeln um Jungtiere handelte, die vor der Reife der Eicheln gefangen wurden, erkannten sie die Eicheln unter Umständen noch nicht als Nahrung.

### 2.3.2 Kontrollen

Die bei den Kontrollen gefundenen hohen Vektorlängen und die Tatsache, daß der Mittelwinkel der Kontrollversuche mit  $3^\circ$  nahe an den für Kontrollen zu fordernden Mittelwinkel von  $360^\circ$  liegt, läßt darauf schließen, daß der gewählte Versuchsansatz geeignet ist, Antworten auf die hier diskutierten Fragen zu liefern. Die Eichelhäher waren in der Lage, sich die ihnen antrainierte Lage der Samen zu merken. Ihre Versuchsergebnisse entsprachen den theoretisch für Kontrollversuche zu fordernden Werten.

Die Ergebnisse der Langzeitkontrollen zeigen, daß Eichelhäher in der Lage sind, sich auch über einen Zeitraum von bis zu 2 Monaten die ihnen antrainierte Lage der Samen zu merken. Dabei zeigten die Tiere eine erstaunliche Genauigkeit. Daß die Tiere in der Lage sind, sich an die Position der antrainierten Becher mindestens 2 Monate lang zu erinnern, ist nicht überraschend, wenn man bedenkt, daß Eichelhäher auf versteckte Samen als Wintervorräte angewiesen sind. BOSSEMA (1979) berichtet von einem freilebenden Eichelhäher der, ohne zu zögern, eine von ihm versteckte Eichel nach einem Zeitraum von 72 Tagen ausgrub und verzehrte.

### 2.3.3 Zeitumstellungsversuche

Die Eichelhäher zeigten in den Zeitumstellungsversuchen einen Mittelwinkel, der sich vom Mittelwinkel der Kontrollen signifikant um  $18^\circ$  in der vorhergesagten Richtung unterscheidet. Die Werte der Normalisierung unterscheiden sich dagegen nur unerheblich von den Kontrollen.

---

Bei einer Verstellung der inneren Uhr um 6 Stunden zeigen Brieftauben eine Abweichung der Abflugrichtung von  $90^\circ$  gegenüber einer unbehandelten Kontrollgruppe (SCHMIDT-KOENIG 1958). Bei den hier durchgeführten Zeitumstellungsversuchen mußte, unter der Voraussetzung die Tiere benutzen Informationen des Sonnenkompasses, mit einer Verstellung entgegen dem Uhrzeigersinn gerechnet werden, bei der Normalisierung mit einer Verstellung im Uhrzeigersinn. Die Mittelwinkel der Normalisierungsversuche sollten sich nicht von denen der Kontrolle unterscheiden. Die Eichelhäher zeigen in den Zeitumstellungsversuchen zwar eine Verschiebung ihrer Mittelrichtung in die vorhergesagte Richtung, allerdings beträgt der Unterschied nur  $18^\circ$ . Dagegen vermindert sich die Vektorlänge von 0,85 in den Kontrollversuchen signifikant auf 0,45 in den Zeitumstellungsversuchen. Dies ist ein deutliches Indiz dafür, daß die Tiere in ihrer Orientierung beeinträchtigt waren. Kürzere Vektorlängen von Versuchstieren gegenüber Kontrollen findet man zwar auch bei Brieftauben (SCHMIDT-KÖNIG 1961; WILTSCHKO 1980), aber hier sind die Unterschiede selten so groß wie die hier beschriebenen.

Die Verstellung der inneren Uhr hatte einen deutlichen Einfluß auf die Tiere. Daß die Mittelrichtung der Zeitumstellungsversuche nicht den erwarteten Wert von  $90^\circ$  gegenüber den Kontrollen annimmt, läßt sich damit erklären, daß den Tieren außer dem Sonnenkompaß noch andere Informationsquellen zu Verfügung stehen. Hier könnte die Umgebung der Voliere in Frankfurt eine Rolle spielen. Die Umgebung der Voliere in Frankfurt war wesentlich besser strukturiert als das in Flagstaff der Fall war. Damit standen den Eichelhähern neben Informationen, die sich aus der Sonne ableiten ließen, auch noch wesentlich mehr Informationen aus der Umgebung der Voliere zur Orientierung zur Verfügung. Die gegenüber den Kontrollversuchen geringeren Vektorlängen zeigen, daß die Orientierungsquellen widersprüchliche Informationen liefern, die den Häher bei der Samensuche verunsichern.

Bei den Normalisierungsversuchen zeigen die Vögel eine Verschiebung des Mittelwinkels in die vorausgesagte Richtung, allerdings wiederum nur um einen geringen Betrag. Die Vektorlängen erreichten fast wieder das Niveau der Kontrollen. Diese Ergebnisse sind, betrachtet man die Ergebnisse der Zeitumstellungsversuche, nicht überraschend, da die Normalisierung die Tiere wieder in die natürliche Photoperiode zurückversetzt.

---

--

Sowohl in Mittelwinkel als auch in Streuung unterscheiden sich die Normalisierungsversuche nur äußerst geringfügig von denen der Kontrollen. Dies ist auch zu fordern, da die Normalisierungsversuche, wie bereits erwähnt, mit den Kontrollversuchen vergleichbar sind.

Daß die gefundenen Versuchsergebnisse zum Teil nicht die aus anderen Orientierungsversuchen mit Verstellen der inneren Uhr zu fordernden Abweichungen zeigen, könnte außerdem noch einen anderen Grund haben. Es ist denkbar, daß das Speichern von Informationen im Gedächtnis unterschiedlich sein kann zwischen aktiv Samen verstecken wie es bei den Versuchen mit Kiefernhähern und Buschblauhähern angewandt wurde, und einem Trainieren auf einen bestimmten Ort. Daraus könnten sich Unterschiede bei der Interpretation der vom Sonnenkompaß gelieferten Informationen ergeben.

Darüber hinaus sprechen die gefundenen Ergebnisse immer noch dafür, daß die Sonne eine Rolle im Orientierungssystem spielt, da bei den Versuchen mit verstellter innerer Uhr ein signifikantes Anwachsen der Fehleranzahl festzustellen war. Die Verknüpfung des Kompaßsystems mit dem Orientierungssystem scheint hier nur nicht die Richtung zu beeinflussen sondern beeinflusst das allgemeine Zusammenspiel der Orientierungsfaktoren.

Die Sonne scheint also bei der Orientierung der Eichelhäher bei der Ortsfindung eine Rolle zu spielen. Der Sonnenkompaß ist in einem redundanten System eingebunden, in dem auch anderen Faktoren eine tragende Rolle zukommt, deren sich der Eichelhäher bedienen kann, wenn die Aussage des Sonnenkompasses eine widersprüchliche Information liefert. Diese redundanten Systeme sind schon bei Zugvögeln (WILTSCHKO et al. 1989) und bei Brieftauben gefunden worden. In der vorliegenden Arbeit wurden sie bereits bei Kiefernhähern (siehe oben) gefunden.

## ERGEBNISSE UND DISKUSSION

### 3. Sumpfmeisen

Mit Sumpfmeisen wurden insgesamt 226 Einzelversuche mit 8 Individuen gemacht. Die Anzahl der Versuche in den einzelnen Versuchsbedingungen zeigt Tabelle 78 (Zur Verteilung der Versuchsbedingungen auf die Einzelvögel siehe auch Tabelle VII + VIII im Anhang).

Art der Versuche	Anzahl
Habituation	11
Habituation	76 ohne Erfolg
Kontrolle im Erdmagnetfeld	11
Kontrolle im Erdmagnetfeld	4 ohne Erfolg
Kontrolle im Kuenstlichem Magnetfeld	2
Kontrolle im Kuenstlichem Magnetfeld	13 ohne Erfolg
Dauerkontrolle	1
Dauerkontrolle	2 ohne Erfolg
Verstecken im EMF Suchen im KMF	13
Verstecken im EMF Suchen im KMF	2 ohne Erfolg
Verstecken im KMF Suchen im EMF	4
Kontrolle unter kuenstlicher "Sonne"	6
Ver. unter gedrehter kuenstl. "Sonne"	12
Kontrolle 3 Tage im KMF	2

*Tabelle 78: Übersicht der mit Sumpfmeisen unternommenen Versuche.*

*EMF: Natürliches Erdmagnetfeld; KMF: Künstliches Magnetfeld Nord= 120°*

#### 3.1 Habitationsversuche

Die Habitationsversuche dienten dazu, die Vögel mit der Versuchsanordnung vertraut zu machen. Gleichzeitig dienten sie dazu, zu zeigen, daß die gewählte Versuchsanordnung geeignet ist, Aussagen über die Orientierung der Sumpfmeisen beim Verstecken und Suchen von Samen zu machen.

Die Anzahl von 76 erfolglos durchgeführten Versuchen zeigt, daß es am Anfang schwierig war, die Vögel dazu zu bewegen, Samen in den Löchern der Stangen zu verstecken. Besonders in der ersten Saison, in der noch mit der Versuchsanordnung und dem Versuchsprotokoll experimentiert werden mußte, waren viele Versuche nötig, bis die Sumpfmeisen anfangen, Sonnenblumenkerne zu verstecken. Ein Durchbruch wurde dadurch erzielt, daß vor dem Versuch kleine Stücke Moos in die Löcher der Stangen gesteckt wurden. In der Phase des Versuchs, in der die Meise noch keine Sonnenblumenkerne in dem Käfig hatte, fing sie nun an, das Moos aus den Löchern zu ziehen und versteckte anschließend in diesen Löchern die Samen. Nachdem die Habitationsversuche erfolgreich abgeschlossen waren, gab es zwar

--

immer wieder Versuche, in denen die Vögel nicht versteckten, dies stellte aber bis auf eine Versuchsbedingung (siehe 3.2.1) eher die Ausnahme dar.

Eine Übersicht der erfolgreichen Habituationversuche gibt Tabelle 79. Die Tabelle zeigt für jede Habituation die Feldbedingung, unter der der Versuch stattfand, die Anzahl der versteckten Samen, die Versuche, die die Vögel bis zum Finden des ersten Samens benötigten, die Versuche insgesamt und die Anzahl der gemachten Fehler. Außerdem enthält die Tabelle eine Analyse der gemachten Fehler. "Zweitbesuch Same" bedeutet hier, daß nochmals in einem Loch gesucht wurde, in dem der Vogel bereits gesucht hatte, und das einen Samen enthalten hatte. "Zweitbesuch Fehler" bedeutet, daß nochmals in einem Loch gesucht wurde, in dem der Vogel bereits gesucht hatte, und das einen Fehler repräsentierte.

Hab #	Feld	Anzahl verst. Samen	Besuche bis zum 1. Samen	Besuche insg.	Fehler	Zweit-Besuch Same	Zweit-Besuch Fehler	Anzahl Samen nicht gef.
1	120°	3	3	10	2	5	-	-
2	EF	4	8	17	9	4	2	2
3	EF	1	2	2	1	-	-	-
4	120°	1	2	2	1	-	-	-
5	EF	3	3	7	4	-	1	-
6	EF	5	1	24	10	9	1	-
7	120°	1	5	5	4	-	1	-
8	EF	2	13	36	32	2	15	-
9	EF	1	-	1	1	-	-	1
10	EF	1	4	4	3	-	1	-
11	EF	1	-	-	-	-	-	1

**Tabelle 79: Daten der Habituation Versuche.**

*Anzahl der versteckten Samen, der Lochbesuche bis zum Finden des ersten Samens und Fehleranalyse.*

*EF= Erdmagnetfeld; 120°= Feld um 120° nach ESE gedreht*

Es wurden 8 Habituationen im lokalen Erdmagnetfeld und 3 Habituationen im Feld, in dem die Horizontalkomponente um 120° nach ESE gedreht war, durchgeführt. Davon wurden in 5 der Versuche im Erdmagnetfeld und in allen Versuchen im gedrehten Magnetfeld sämtliche versteckten Samen von den Versuchstieren wiedergefunden. Die Versuchsvögel blieben mit der Genauigkeit, mit der sie die versteckten Samen wiederfanden, deutlich unter Werten, die man annehmen müßte, wenn die Tiere ihre Samen zufällig

finden würden. Betrachtet man die erfolgreichen Erdmagnetfeldhabituationen, erlangen die Vögel ein Signifikanzniveau von 5% (Sign-Test). Die Habituationen in einem um 120° nach ESE gedrehten Feld lassen sich statistisch nicht werten, da die Stichprobe zu klein ist. Faßt man die Werte der erfolgreichen Erdmagnetfeldhabituationen mit denen der Habituationen im um 120° gedrehten Feld zusammen, erhält man einen hochsignifikanten Trend, weniger Fehler zu machen, als es der Zufallswahrscheinlichkeit entsprechen würde ( $p < 0,01$ , Sign-Test). Die Werte der Zufallswahrscheinlichkeit gehen aus der Tabelle 81 im Kapitel 3.2.1 hervor.

Die Ergebnisse der Habituationsversuche zeigen, daß sich die Meisen in der gewählten Versuchsanordnung natürlich verhalten und daß der gewählte Versuchsansatz in der Lage ist Aussagen über das Orientierungsverhalten der Vögel zu liefern.

### 3.2 Kontrollversuche

Kontrollversuche sollten, wie schon zum Teil die Habituationsversuche, dazu dienen, festzustellen, ob der Versuchsansatz geeignet ist, Aussagen über das Orientierungsverhalten der Meisen zu liefern. Desweiteren sollten die Kontrollen eine Grundlage von Ergebnissen liefern, gegen die dann die Ergebnisse der experimentellen Versuche gewertet werden konnten.

Tabelle 80 zeigt die Ergebnisse der Kontrollversuche, die unter den beiden Bedingungen "Erdmagnetfeld" und "um 120° nach ESE gedrehtem Feld" gemacht wurden. Hier ist außerdem als Versuch 14 ein Versuch aus der Bedingung Dauerkontrolle (siehe 3.2.3) mit aufgenommen.

-----  
 --

Kon #	Feld	Anzahl verst. Samen	Besuche bis zum 1. Samen	Besuche insg.	Fehler	Zweit-Besuch Same	Zweit-Besuch Fehler	Anzahl Samen nicht gef.
1	120°	5	2	16	12	-	3	1
2	EF	6	1	33	24	3	3	-
3	EF	4	1	43	27	12	14	-
4	EF	5	1	11	5	1	-	-
5	120°	1	-	7	7	-	1	1
6	EF	2	3	6	4	-	-	-
7	EF	4	1	16	9	3	1	-
8	EF	3	3	13	9	1	1	-
9	EF	1	7	7	6	-	-	-
10	EF	1	2	2	1	-	-	-
11	120°	3	45	216	208	5	169	-
12	EF	1	3	3	2	-	-	-
13	EF	3	4	91	75	14	43	1
14	EF	2	5	13	9	2	2	-

**Tabelle 80: Daten der Kontrollversuche.**

*Anzahl der versteckten Samen, der Lochbesuche bis zum Finden des ersten Samens und Fehleranalyse.*

*EF = Erdmagnetfeld; 120° = Feld um 120° nach ESE gedreht*

### 3.2.1 Kontrollen im Erdmagnetfeld

Von den erfolgreichen Kontrollversuchen fanden 11 im lokalen Erdmagnetfeld statt. Die Kontrolle Nr. 14 gehört zur Versuchsbedingung Dauerkontrolle (siehe 3.2.3), fand aber ebenfalls im lokalen Erdmagnetfeld statt und soll hier mit betrachtet werden.

In 4 der Kontrollen gelang es den Meisen, einen der versteckten Samen beim ersten Versuch zu finden. Auch in den anderen Versuchen brauchten die Vögel deutlich weniger Versuche, um den ersten Samen zu finden, als es einem zufälligen Finden des Samens entsprechen würde. Die Zufallswahrscheinlichkeit beträgt:

verst. Samen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Besuche	48	24	16	12	9,6	8	6,9	6	5,3	4,8

**Tabelle 81: Übersicht der Zufallswahrscheinlichkeiten bei verschiedenen Anzahlen von versteckten Samen.**

-----  
 --

Das hieße zum Beispiel, bei 3 versteckten Samen ist die Chance, den Samen zufällig zu finden 1: 16, bei 8 versteckten Samen 1: 6.

Die Versuchstiere blieben in allen 11 Fällen mit der Anzahl ihrer Lochbesuche unter der Zufallswahrscheinlichkeit. Dies stellt einen Trend auf dem 1% Niveau (Sign-Test) dar, mit einer höheren Genauigkeit als der Zufallswahrscheinlichkeit, die versteckten Samen zu finden.

Tabelle 80 zeigt weiterhin, wieviele Versuche die Vögel insgesamt benötigten, um alle versteckten Samen zu finden, und wieviele Fehler dabei gemacht wurden und außerdem eine Analyse, wie oft die Löcher, die einen versteckten Samen enthielten, wieder besucht wurden, und wie oft ein Fehler wiederholt wurde.

Bei einer Analyse der Besuche eines Loches, in dem vorher schon von der Meise gesucht wurde, scheinen von den Meisen weder ausgebeutete Versteckplätze noch schon vorher im Versuch gemachte Fehler bevorzugt zu werden. Lediglich der Versuch 13 paßt hier nicht ganz ins Bild. Hier wurden dreimal so viele Löcher, die einen Fehler repräsentieren, wieder besucht wie ausgebeutete Versteckplätze. Bei diesem einen Versuch gelang es der Meise auch nicht, alle versteckten Sonnenblumensamen wiederzufinden.

Die Ergebnisse der Kontrollen unterstreichen nochmals die Ergebnisse der Habituationen, daß sich die Meisen in der gewählten Versuchsanordnung natürlich verhalten und daß der gewählte Versuchsansatz in der Lage ist Aussagen über das Orientierungsverhalten der Vögel zu liefern.

### 3.2.2 Kontrolle im künstlichen Magnetfeld mit Nord = 120°

Von Kontrollen, bei denen die Sumpfmeisen in dem um 120° nach ESE gedrehten Feld Sonnenblumenkerne verstecken, und sie dann im Erdmagnetfeld wiedersuchen sollten, konnten nur 2 erfolgreiche Versuche unternommen werden. Bei 13 Versuchen, die Vögel zum Verstecken zu bewegen, wurden keine Verstecke angelegt. Dies war damit nach der Habituation die einzige Versuchsbedingung, bei der bei wesentlich mehr Versuchsansätzen keine Samen versteckt wurden, als Versuche gelangen. Ob die

---

mißlungenen Versuche darauf zurückzuführen sind, daß das gedrehte Magnetfeld Einfluß auf das Verhalten der Meisen hatte, ist nicht anzunehmen, da das Magnetfeld weder in der Habituation (3.1) noch in den anderen Versuchen eine Einwirkung auf die Meisen zeigte (siehe 3.3 & 3.4). Da die meisten der mißlungenen Versuche mit einem Individuum gemacht wurden, ist eher davon auszugehen, daß diese Meise nicht in der Lage war, die Anforderungen dieser Versuchsbedingung zu erfüllen.

Auch bei den Versuchen, bei denen die Meisen im gedrehten Magnetfeld Samen versteckten, wurde nur im ersten Versuch ein versteckter Samen mit dem zweiten Versuch gefunden. Allerdings wurden auch hier nicht alle Samen gefunden. In einem anderen Versuch konnte der versteckte Samen nicht gefunden werden, und in dem dritten Versuch unter dieser Bedingung wurden zwar alle Sonnenblumenkerne wiedergefunden, aber erst nach 216 Versuchen. Dies lag weit unter der Zufallswahrscheinlichkeit. Auch diese schlechten Ergebnisse müssen wohl eher dem Versuchstier zugeschrieben werden und nicht dem Einfluß der Versuchsbedingung auf die Meise.

### 3.2.3 Dauerkontrolle

Um festzustellen, ob die ständig wechselnde Bedingung, Verstecken unter einer Feldbedingung und Suchen unter der anderen, Einfluß auf die Genauigkeit der Meisen hatte, war geplant, mit einer Sumpfmeise nur Kontrollversuche durchzuführen. Da aber die für diese Bedingung vorgesehene Meise 2 mal nicht versteckt hatte, ergab sich nur ein erfolgreicher Versuch. Das Ergebnis dieses Versuchs wurde mit den übrigen Kontrollversuchen unter den lokalen Erdfeldbedingungen betrachtet (siehe 3.2.1). Ein Unterschied zu den anderen Kontrollen konnte nicht festgestellt werden.

## 3.3 Versuche unter veränderten Magnetfeldbedingungen

### 3.3.1 Versuche: Verstecken im Erdmagnetfeld, Suchen im um 120° gedrehten Magnetfeld

Unter der Versuchsbedingung "Verstecken im Erdmagnetfeld mit anschließender Suche der versteckten Samen im um 120° gedrehten Feld" wurden insgesamt 13 Versuche durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind aus Tabelle 82 ersichtlich.

---

Anzahl verst. Samen	Besuche bis 1. Samen Or	Besuche bis 1. Samen 120°	Besuche insg.	Satz gefunden	Fehler	Zweit- Besuch Fehler	Rest Samen Orig	Rest Samen 120°
2	2	10	11	OR	6	1	-	1
2	2	-	4	OR	2	-	-	2
1	9	-	9	OR	8	-	-	1
3	1	-	6	OR	3	-	-	3
8	1	10	52	OR	31	10	1	5
1	1	-	1	OR	-	-	-	1
2	4	6	21	OR	15	4	-	1
2	8	7	37	--	28	11	1	1
1	1	-	1	OR	1	1	1	1
2	4	-	29	OR	23	9	-	2
2	2	-	3	OR	1	-	-	2
1	17	-	17	OR	16	1	-	1
2	15	44	69	OR	57	33	-	1

**Tabelle 82: Daten der Versuche mit Verstecken im Erdmagnetfeld und anschließender Suche im um 120° gedrehten Magnetfeld.**

**Or = Original Samen; 120° = Gedrehter Samen; OR = Originalsatz Samen.**

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß im allgemeinen von den Sumpfmeyen immer der nicht gedrehte Samensatz gefunden wurde. Bei einem Versuch wurden allerdings gleich viele Samen des originalen Satzes wie des gedrehten Satzes gefunden, und es gelang den Meisen nicht, einen kompletten Satz Samen aufzuspüren. Der Test, in dem kein Samensatz vollständig ausgebeutet wurde, war außerdem der einzige, in dem der erste gefundene Samen aus dem gedrehten Satz stammte. In allen übrigen Tests wurde zuerst ein Sonnenblumensamen des Originalsatzes gefunden. In 8 der 13 Versuche wurden von den Meisen ausschließlich Verstecke des nicht gedrehten Satzes ausgebeutet.

Auch in diesen Versuchen blieben die Sumpfmeyen mit ihren Versuchen bis zum Finden des ersten versteckten Samens wieder deutlich unter dem Zufallsniveau. Betrachtet man die Versuche, in denen ein Samensatz vollständig gefunden wurde, erhält man eine hochsignifante Tendenz ( $p < 0.001$ , Sign-Test) unterhalb des Zufallsniveaus zu bleiben.

-----  
 --

### 3.3.2 Versuche: Verstecken im um 120° gedrehten Magnetfeld und Suchen im Erdmagnetfeld

Unter der Versuchsbedingung "Verstecken im um 120° nach ESE gedrehten Magnetfeld und anschließendem Suchen unter Erdmagnetfeldbedingungen" konnten insgesamt 4 Versuche durchgeführt werden. Die Ergebnisse gehen aus Tabelle 83 hervor.

Anzahl verst. Samen	Besuche bis Samen	1. Or	Besuche bis 1. Samen 120°	Besuche insg.	Satz gefunden	Fehler	Zweit- Besuch Fehler	Rest Samen Orig	Rest Samen 120°
2	9		4	18	OR	14	2	-	1
2	1		-	4	OR	2	-	-	2
2	4		19	25	--	20	9	1	1
2	2		-	4	OR	2	-	-	2

**Tabelle 83: Daten der Versuche mit Verstecken im um 120° gedrehten Magnetfeld und anschließender Suche im lokalen Erdmagnetfeld.**

**Or = Original Samen; 120° = Gedrehter Samen**

Auch unter dieser Bedingung zeigte sich das gleiche Bild wie in der umgekehrten Bedingung. In drei der vier Versuche wurde der nicht gedrehte Samensatz ausgebeutet. In zwei der Versuche wurden ausschließlich Samen des Originalsatzes gefunden. Lediglich in einem Fall wurde zuerst ein Samen des gedrehten Satzes ausgebeutet. In einem Test wurde kein Samensatz vollständig gefunden. Auch hier hat die Magnetfeldänderung keinerlei Einfluß auf die Fähigkeit der Sumpfmaisen, ihre versteckten Samen wiederzufinden. Unter dieser Versuchsbedingung ist ebenfalls die Genauigkeit, mit der die Meisen die versteckten Samen finden hoch, allerdings ist hier eine statistisch abgesicherte Aussage nicht möglich, da die Stichprobe zu klein ist (Sign Test).

### 3.3.3 Fehleranalyse

Betrachtet man die Anzahl der Fehler, die insgesamt in der Kontrolle und den beiden Magnetfeldbedingungen gemacht wurden, lassen sich keine gravierenden Unterschiede feststellen. Die absoluten Zahlen gehen aus Tabelle 84 hervor.

-----  
 --

-----  
 --

Bedingung	Versteckte Samen	Fehler	Fehler pro verst. Samen
Kontrolle EF	32	171	5,34
EF --> 120°	29	191	6,58
120° --> EF	8	38	4,75

**Tabelle 84: Gesamtfehler in den Magnetfeldbedingungen.**

*EF = Erdmagnetfeld. 120° = um 120° gedrehtes Magnetfeld.*

In der Kontrolle im Erdmagnetfeld wurden also 5,34 Fehler pro angelegtem Versteck zum Finden gebraucht, in der Bedingung "Verstecken im natürlichen Magnetfeld und Suche im um 120° gedrehten Magnetfeld" mit 6,58 etwa 1,5 Fehler mehr als in der Kontrolle, und in der Bedingung "Verstecken im um 120° gedrehten Magnetfeld und Wiederfinden im Erdmagnetfeld" 4,75 und damit 0,6 Fehler weniger als in der Kontrolle.

### 3.4 Versuche unter "künstlicher Sonne"

#### 3.4.1 Kontrollen

Unter der Versuchsbedingung "künstliche Sonne" wurden insgesamt 6 Kontrollversuche durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 85.

Kon #	Anzahl verst. Samen	Besuche bis zum 1. Samen	Besuche insg.	Fehler	Zweit-Besuch Same	Zweit-Besuch Fehler	Anzahl Samen nicht gefunden
1	2	28	30	28	-	11	-
2	18	3	24	18	1	2	13
3	2	2	17	13	2	2	-
4	3	8	28	24	1	6	-
5	6	2	49	39	4	14	-
6	5	2	16	11	-	1	-

**Tabelle 85: Daten der Kontrollversuche für die Bedingung "künstliche Sonne".**

Bis auf die ersten beiden Versuche zeigten die Meisen auch in dieser Versuchsbedingung wieder eine hohe Genauigkeit beim Finden der versteckten Samen. Allerdings ist diese Genauigkeit statistisch nicht mehr absicherbar ( $p > 0,05$ , Sign Test). Allerdings liegen die Werte deutlich unter denen, die man bei einem zufälligen Finden der Samen annehmen müßte. Selbst im ersten Test wurde nach Finden des ersten

-----  
 --

-----  
 --

Samens der zweite mit nur 2 Versuchen gefunden. Kontrolle Nr. 2 fällt mit 18 versteckten Samen etwas aus der Reihe, hier wurde der Versuch nach dem fünften gefundenen Samen abgebrochen.

Auch der Versuchsansatz mit den Scheinwerfern ist also in der Lage, Antworten auf Fragen über das Orientierungsverhalten der Sumpfmeyen zu liefern.

### 3.4.2 Versuche, bei denen zwischen Verstecken und Suchen der Samen die Position der Scheinwerfer geändert wurde

Unter dieser Versuchsbedingung wurden 12 Versuche durchgeführt. Eine Übersicht der Ergebnisse dieser Versuchsbedingung zeigt Tabelle 86.

Anzahl verst. Samen	Besuche bis zum 1. Samen Or	Besuche bis zum 1. Samen gedr	Besuche insg.	Satz gefunden	Fehler	Zweit-Besuch Fehler	Rest Samen Orig	Rest Samen gedr.
2	10	8	15	SH	11	2	1	-
3	2	5	70	SH	48	34	1	-
2	5	6	10	SH	7	1	1	-
3	17	4	57	OR	52	30	-	1
2	3	-	6	OR	4	-	-	2
4	3	2	>45	SH	29	15	2	1
2	1	-	2	OR	-	-	-	2
2	-	4	8	SH	6	-	2	-
1	-	4	4	SH	3	-	1	-
2	5	-	15	OR	12	3	-	2
1	-	20	20	SH	19	1	1	-
2	10	8	42	OR	38	22	-	1

**Tabelle 86: Daten der Versuche bei denen zwischen Verstecken und Suchen der Samen die Position der "Künstlichen Sonne" gewechselt wurde.**

*SH = Gedrehter Samensatz. OR = Original- Samensatz. Or = Original. Gedr.: gedrehter Samensatz.*

Hier ergibt sich jetzt ein deutlich anderes Bild als in den Magnetfeldversuchen. In 7 der 12 Versuche wurde von den Versuchstieren der Samensatz vollständig gefunden, den sie finden müßten, wenn sie den Stand der Scheinwerfer zum Finden der Samen benutzen. Außerdem wurden in 2 der Versuche, in denen der Originalsamensatz ausgebeutet wurde, zuerst ein Samen des gedrehten Satzes gefunden. Allerdings wurde auch in 2 Fällen, in denen der gedrehte Satz komplett gefunden wurde, zuerst ein Sonnenblumensamen des anderen Satzes gefunden.

-----  
 --

-----  
 --

In jeweils 3 der Fälle, in denen ein Samensatz vollständig ausgebeutet wurde, blieb der andere unberührt.

In dieser Versuchsbedingung blieben die Meisen mit der Genauigkeit mit der sie die Samen fanden, wieder signifikant ( $p < 0,05$ , Sign-Test) über dem Zufallswert. Es wurde hier in der Berechnung jeweils der komplett ausgebeutete Samensatz berücksichtigt.

### 3.5 Kontrolle nach 3 Tagen

Zwei der Versuche, bei denen die Versuchsvögel im um  $120^\circ$  gedrehten Magnetfeld Samen versteckt hatten, und die eigentlich am Folgetag im Erdmagnetfeld weitergeführt werden sollten, konnten nicht am Folgetag zu Ende geführt werden. Die Versuche wurden dann nach 3 Tagen wieder im um  $120^\circ$  gedrehten Magnetfeld analog zu Kontrollen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 87.

Kon #	verst. Samen	Besuche bis zum 1. Samen	Besuche insg.	Fehler	Zweit-Besuch Samen	Zweit-Besuch Fehler	Anzahl Samen nicht gefunden
1	2	16	45	44	-	26	1
2	1	-	19	19	-	7	1

**Tabelle 87: Daten der Kontrollversuche nach 3 Tagen.**

In keinem der beiden Versuche gelang es den Meisen, sämtliche versteckten Samen zu finden. In der Kontrolle, in der ein Samen gefunden wurde, gelang das zwar unter dem Wert der Zufallswahrscheinlichkeit, aber in den anderen Versuchen war nur in der Habituation Nr. 8 (Tabelle 79) ein derart hoher Wert aufgetreten, wenn man aus den schon dargelegten Gründen von Kontrolle Nr. 11 (Tabelle 80) absieht.

-----  
 --

--

### 3.6 Diskussion

#### 3.6.1 Kontrollen

Sumpfmeisen, die in dem Testkäfig im natürlichen Erdmagnetfeld ihre Samen versteckt hatten, fanden diese mit einer weit höheren Genauigkeit wieder, als es dem Zufall entsprechen würde. Die Ergebnisse der Sumpfmeisen, die im Erdmagnetfeld getestet wurden, lassen den eindeutigen Schluß zu, daß der gewählte Versuchsansatz erfolgreich dafür eingesetzt werden kann, Einflußgrößen, die auf die Orientierung dieser Vögel wirken, zu untersuchen.

In meinen Versuchen zeichnet sich ab, daß es Sumpfmeisen im Gegensatz zu verschiedenen Häherarten (BALDA & KAMIL 1989) nicht möglich ist, sich die räumliche Lage ihrer versteckten Samen über einen längeren Zeitraum zu merken. Dies deckt sich mit Beobachtungen von SHERRY et al. (1981), die feststellten, daß die meisten Samenverstecke innerhalb von 24 Stunden ausgebeutet werden. Nur LÖHRL (1950) berichtet von einem Samenversteck, das nach genau 8 Tagen ausgebeutet wurde.

Freilanduntersuchungen mit Sumpfmeisen (SHERRY et al. 1982; SHERRY 1987) ergaben, daß Stellen, an denen Sumpfmeisen einmal Samen versteckt hatten, kein zweites Mal mehr als Versteckplätze verwendet wurden. Bei meinen Versuchen benutzten die Vögel die Löcher mehrmals zum Verstecken. Daß läßt sich damit erklären, daß ihnen nur eine beschränkte Anzahl von Löchern zur Verfügung stand, und sie so gezwungen waren, Löcher mehrmals zu verwenden. Unter diesem Aspekt sind meine Käfigversuche nicht mit Freilanduntersuchungen zu vergleichen.

Desweiteren haben Freilanduntersuchungen (COWIE et al. 1981) ergeben, daß von verschiedenen Individuen verschiedene Arten von Versteckplätzen bevorzugt werden. In meinem Versuchsansatz hatten die Tiere nur die Möglichkeit, an völlig gleichartigen Orten zu verstecken. Für Orientierungsversuche ist das wünschenswert, da so Artefakte durch "Ortseffekte" ausgeschlossen werden können. Andererseits könnte dies wiederum dazu führen, daß die Sumpfmeisen nicht oder nur sehr unwillig verstecken, da der von ihnen bevorzugte Versteckplatz nicht zur Verfügung steht.

---

--

Da den Vögeln in der Testsituation weder Landmarken noch Himmelsinformationen zur Verfügung standen, würden die Ergebnisse darauf schließen lassen, daß eine nicht-visuelle Orientierungsquelle herangezogen wurde. Da von vielen Vögeln, insbesondere von Zugvögeln und Brieftauben, Magnetinformationen zur Orientierung herangezogen werden (ABLE & BINGMAN 1987; WILTSCHKO & WILTSCHKO 1988; siehe auch Einleitung 2.1.3), lag es nahe anzunehmen, daß dies auch hier der Fall war. Diese Annahme konnte dann allerdings nicht aufrecht erhalten werden.

Da der Versuchskäfig regelmäßig vor den Versuchen gedreht wurde, kann man davon ausgehen, daß etwaige Unregelmäßigkeiten (Ortseffekte) des Käfigs nicht zur Orientierung herangezogen werden konnten. Die einzige hypothetische Möglichkeit einer visuellen Orientierung wäre, daß die Sumpfmeisen Helligkeitsgradienten auf den den Käfig umgebenden Tüchern, die sich im Versuchsaufbau nicht ganz vermeiden ließen, zur Orientierung heranziehen. Dies ist allerdings unwahrscheinlich, da bedingt durch Manipulationen am Versuchsaufbau vor jedem Versuch sich von Versuch zu Versuch Differenzen in den Helligkeitsunterschieden ergaben, und sie daher wohl keine konstante Orientierungsquelle darstellen.

### 3.6.2 Versuche mit gedrehtem Magnetfeld

Betrachtet man die Ergebnisse der Versuche, in denen die Polarität des Magnetfeldes, in dem sich die Versuchsvoliere befand, verändert wurde, stellt man fest, daß dies keinen Einfluß auf das Orientierungsverhalten der Sumpfmeisen hat. Die gedrehten Sonnenblumensamen, die gefunden wurden, sind wohl eher durch Zufall von den Tieren gefunden worden. Dies steht im Gegensatz zu Versuchen zur Magnetorientierung von Zugvögeln, bei denen man zeigen konnte, daß eine Drehung der Nordrichtung des Magnetfeldes zu einer entsprechenden Richtungsänderung der Zugrichtung führte (MUNRO & WILTSCHKO 1993; BECK & WILTSCHKO 1981; WILTSCHKO 1974).

Ob allerdings Sumpfmeisen keine Informationen, die das Erdmagnetfeld bietet, zur Orientierung bei dem Verstecken und Suchen von Nahrung verwenden, läßt sich zu diesem Zeitpunkt noch nicht mit Sicherheit sagen. Dazu wären noch Versuche in einem Magnetfeld aus dem keine Richtungsinformationen abgeleitet werden können (kompensiertes Magnetfeld) nötig.

---

--

### 3.6.3 Versuche mit Scheinwerfern

Die Ergebnisse der Versuche mit den Scheinwerfern weisen darauf hin, daß Informationen, die von den Lichtquellen ausgehen, von den Meisen zur Orientierung verwendet wurden.

Es ist natürlich schwierig, darüber Aussagen zu machen, ob nun tatsächlich von den Tieren die Scheinwerfer als Sonne angesehen werden, bzw. ob sie in der experimentellen Situation als "Sonnenersatz" zum Orientieren benutzt werden. Hier müßten noch weitere Versuche unter dieser Versuchsbedingung folgen, um gesicherte Aussagen machen zu können. Darüber hinaus müßte wohl, wenn sich weitere positive Ergebnisse einstellen, der experimentelle Aufwand erhöht werden, um den Versuchsansatz natürlicher zu gestalten. Denkbar wären zum Beispiel Versuche in einem größerem Raum, als er mir zur Verfügung stand, und mit mehr als 2 Scheinwerfern. Die jetzigen Versuchsergebnisse lassen hier noch auf positive Ergebnisse hoffen.

Es wäre allerdings auch denkbar, daß die Lichtquelle von den Sumpfmaisen als eine Landmarke angesehen wird, und sie ihre Verstecke in Relation zu dieser Landmarke anlegen und wieder ausbeuten. Dies würde allerdings nach unseren bisherigen Erkenntnissen und Modellvorstellungen, wie schon weiter oben diskutiert, wiederum ein Kompaßsystem voraussetzen.

---

--

## ABSCHLUSSDISKUSSION

In dieser Arbeit wurde untersucht, ob Vögel Informationen von Kompaßsystemen auch beim Anlegen und Wiederausbeuten von Nahrungsverstecken nutzen. Bei der Zugorientierung oder beim Heimfinden (Homing) war bekannt, daß der Sonnenkompaß, der Sternekompaß und der Magnetkompaß benutzt werden.

### 1. Erkenntnisse

Hier sollen, differenziert nach den drei untersuchten Arten zunächst noch einmal die Erkenntnisse aus dieser Arbeit skizziert werden.

#### 1.1 Kiefernhäher

Die Ergebnisse legen den Schluß nahe, daß Informationen des Sonnenkompasses zusammen mit anderen Informationen in einem redundanten System verarbeitet werden. Solche redundanten Systeme wurden schon bei Zugvögeln (z. B. *Sylvia borin* WILTSCSKO et al. 1989) und Brieftauben (SCHÖPS 1991a, SCHÖPS 1991b) beschrieben. Der Kiefernhäher ist von mehreren untersuchten nordamerikanischen Häherarten (BALDA & KAMIL 1989) der morphologisch am besten an das Verstecken und Suchen von Samen angepaßte Vogel. Es liegt daher der Schluß nahe, daß die Tiere im Laufe der Evolution ein sehr komplexes Orientierungssystem entwickeln konnten. Dies ist schon allein deshalb von großer Wichtigkeit, weil die Kiefernhäher während des Winters ausschließlich auf ihre im Herbst versteckten Samen angewiesen sind. Ein einzelner Vogel benötigt während des Winters ungefähr 9900 Samen (KAMIL & BALDA 1990b), für die er etwa 1980 Samenverstecke ausbeuten muß.

#### 1.2 Eichelhäher

Die Ergebnisse lassen darauf schließen, daß Eichelhäher ebenfalls Informationen des Sonnenkompasses zusammen mit anderen Informationen in einem komplexen System verarbeiten. Dieses System konnte auch beim Kiefernhäher nachgewiesen werden (siehe 1.1).

-----

--

--

### 1.3 Sumpfmeisen

Die Ergebnisse der vorliegenden Versuche legen den Schluß nahe, daß Sumpfmeisen bei der Suche nach ihren versteckten Samen die Möglichkeit haben, sich nichtvisuell zu orientieren. Es muß allerdings offen bleiben, ob sich die Vögel an Faktoren orientieren, die das Erdmagnetfeld liefert. Obwohl Sumpfmeisen, die in einem Magnetfeld getestet wurden, bei dem die Nordrichtung um 120° nach ESE gedreht war, keine entsprechende Drehung in ihrer Orientierung zeigten, können erst weitere Versuche in einem Magnetfeld, das keine Richtungsinformation mehr liefert, weiteren Aufschluß darüber geben, ob das Magnetfeld bei der Samensuche eine Rolle spielt.

Dagegen gibt es durch die Versuche mit den starken Lampen Hinweise dafür, daß Sumpfmeisen Informationen aus den Scheinwerfern ableiten und zur Orientierung heranziehen. Um genauere Aussagen machen zu können, ob die Scheinwerfer tatsächlich als Sonnen angesehen werden, müßten hier noch weitere Versuche folgen (siehe 3.3).

### 1.4 Zusammenhang zwischen den untersuchten Arten

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen die Hypothese, daß Vögel nicht nur auf dem Zug in ein Winterquartier oder beim Flug zu ihrem Nest Kompaßinformationen nutzen, sondern auch in ihrem unmittelbaren Umgebungsbereich, wie zum Beispiel bei der Suche versteckter Samen.

Bei den beiden untersuchten Häherarten konnte nachgewiesen werden, daß sie bei der Suche nach ihren versteckten Samen innerhalb eines redundanten multifaktoriellen Systems Informationen des Sonnenkompasses verwenden. Dies konnte ebenfalls bei Buschblauhähern (WILTSCHKO & BALDA 1989) nachgewiesen werden. Somit zeigten alle bisher unter diesem Gesichtspunkt untersuchten Corvidenarten dieses Verhalten.

Bei Sumpfmeisen gibt es Anhaltspunkte, daß sie in der Lage sind, sich nichtvisuell zu orientieren. Welche Informationen sie zur Orientierung benutzen, und ob sie vom Erdmagnetfeld abgeleitet werden, ist allerdings nicht klar. In den Versuchen mit den Lampen gibt es Anhaltspunkte, daß Informationen aus dem Stand der Lampen abgeleitet werden.

---

--

Die gefundenen Ergebnisse lassen also den Schluß zu, daß Vögel bei allen Leistungen, bei denen eine Richtung oder ein Ort bestimmt werden muß, Kompaßinformationen verwenden. Sie sind so nicht nur in der Lage, mit Hilfe ihrer Kompaßsysteme auf längeren Strecken zu navigieren, sondern benutzen dieselben Kompaßsysteme auch, um konkret definierte Orte genau zu bestimmen. Die Kompaßinformationen sind dabei in einem multifaktoriellen System eingebettet, das dem Vogel erlaubt, bei widersprüchlichen Aussagen eines Faktors auf einen anderen zurückzugreifen.

## 2. Probleme

Hier sollen Probleme, die die verschiedenen Versuchsansätze beinhalten, noch einmal kurz skizziert werden.

### 2.1 Kiefernhäher

Da die Kiefernhäher ein sehr komplexes Orientierungssystem besitzen, ist es problematisch, mit Versuchen, die nur einen Faktor dieses Systems verändern, Faktoren des gesamten Systems zu untersuchen. In dieser Arbeit wurden Informationen des Sonnenkompasses manipuliert. In dem Moment, in dem den Vögeln ein Faktor nicht zur Verfügung steht, oder er widersprüchliche Informationen liefert, sind sie in der Lage, auf andere Faktoren zurückzugreifen. Dadurch wird die Interpretation von Versuchsergebnissen zum Teil schwierig, da es keine eindeutigen Antworten auf die Versuchsbehandlungen gibt. Ähnliche Schwierigkeiten ergaben sich auch in der Orientierungsforschung mit Brieftauben. Hier konnten zwar 2 Kompaßsysteme nachgewiesen werden, aber die Faktoren zu bestimmen, die die Karte repräsentieren, ist trotz zahlreicher Untersuchungen bis jetzt noch nicht vollständig gelungen (siehe Einleitung 2.2.3).

### 2.2 Eichelhäher

Das größte Problem bei der Arbeit mit den Eichelhähern war zunächst, die Vögel dazu zu bewegen, von sich aus Samen zu verstecken. Dieses Problem konnte letztendlich auch nicht gelöst werden. Es konnte nur dadurch kompensiert werden, daß die Vögel auf Wannen trainiert wurden. Damit gingen direkte Vergleichsmöglichkeiten mit den Versuchen, die mit Kiefernhähern durchgeführt wurden, verloren.

---

--

Desweiteren gelang es auch nicht, nachdem die Versuchsheuristik geändert und die Trainingsmethode benutzt wurde, mit allen zur Verfügung stehenden Eichelhähern Versuche durchzuführen, da es mit einigen Vögeln nicht glückte, sie auf eine Wanne zu trainieren, oder sie nach einem Versuchsdurchgang wieder zu qualifizieren.

In dieser Arbeit, in der mit 8 Wannen gearbeitet wurde, betrug der Auflösungsgrad der Versuche 45°. Mit einer geänderten Versuchsheuristik (siehe 3.2) können wahrscheinlich genauere Aussagen zur Benutzung von Kompaßsystemen bei Eichelhähern gemacht werden.

### 2.3 Sumpfmeisen

Nachdem es gelang, eine Methode zu entwickeln, die Sumpfmeisen dazu zu bringen, Samen in den Löchern der Stangen zu verstecken, ließen sich die Versuche mit Sumpfmeisen relativ problemlos durchführen. Schwierigkeiten bereiteten noch einzelne Individuen, die nicht dazu zu bewegen waren, Sonnenblumenkerne zu verstecken, oder nicht in der Lage waren, die versteckten Samen wieder zu finden.

Da die Kontrollversuche Ergebnisse lieferten, die signifikant oberhalb eines Zufallsniveaus lagen, liegt es nahe anzunehmen, daß die Meisen die Möglichkeit haben, sich nichtvisuell zu orientieren. Es gelang allerdings nicht, die Faktoren dieser nichtvisuellen Orientierung zu identifizieren.

Es wäre zu erwägen, in künftigen Versuchen die Versuchsvoliere größer zu wählen. Die Vögel hätten so mehr Raum zu agieren, und es wäre leichter, ihren manchmal sehr schnellen und abrupten Bewegungen zu folgen. Außerdem ließe sich damit vielleicht vermeiden, daß die Tiere in Löcher verstecken, die in Zeitumstellungsversuchen gedrehten Löchern entsprechen.

### 3. Ausblick

Hier sollen kurz Möglichkeiten aufgezeigt werden, die gefundenen Ergebnisse zu konkretisieren.

---

--

-----  
--

### 3.1 Kiefernhäher

Es wäre interessant, eine weitere Zeitumstellungsserie mit Kiefernhähern durchzuführen, um dabei herauszufinden, worin der Verhaltensunterschied zwischen den Zeitumstellungs- und den Normalisierungsversuchen begründet ist. In dieser Serie sollten Vögel verwendet werden, denen es möglich ist, längere Zeit vor den Versuchen den natürlichen Sonnenbogen zu beobachten, da es, wie im Ergebnisteil schon diskutiert, möglich ist, daß die Vögel den Sonnenkompaß erst wieder erlernen müssen, wenn sie die natürliche Sonnenbahn längere Zeit nicht gesehen haben.

Außerdem wären weitere Versuche zur Fehlerhäufigkeit- und verteilung interessant. Dazu wäre es wünschenswert, den Versuchsansatz zu normieren. Eine Normierung auf einen offenen Sektor und zwei Versteckplätze pro Versuch würde sich hier anbieten, da sie sich schon in einem Teil meiner Versuche bewährt hat und außerdem genauere und leichter interpretierbare Daten liefert.

Vielleicht wäre es möglich, die Versuchsansätze von BALDA & KAMIL in den reich strukturierten Räumen des Avian Cognition Laboratory (ACL) mit den Versuchsansätzen in der Voliere zu kombinieren, um so zu weiteren Erkenntnissen zu gelangen.

### 3.2 Eichelhäher

Der etwas grobe Ansatz mit 8 Wannen kann verfeinert werden, indem die Eichelhäher anstatt auf Wannen auf einzelne Becher in den Sektoren trainiert werden. Dadurch könnten die Versuchsergebnisse vertieft werden, da in den beschriebenen Versuchen die Auflösung nur 45° beträgt.

Desweiteren wäre es interessant, wengleich auch sehr aufwendig, analog zu einer Arbeit mit Kiefernhähern von BALDA & KAMIL (1992) zu untersuchen, wie lange Eichelhäher in der Lage sind, an einen antrainierten Becher zurückzukehren. Von Balda wurden mit verschiedenen Versuchsgruppen in einem stark strukturierten Raum mit künstlicher Beleuchtung Versuche mit Intervallen bis zu 9 Monaten zwischen Verstecken und Suchen durchgeführt.

-----  
--

--

### 3.3 Sumpfmeisen

Um festzustellen, ob allein die Versuchsbedingung des ständigen Versteckens und Suchens von Sonnenblumensamen unter verschiedenen Magnetfeldbedingungen einen Einfluß auf die Sumpfmeisen hat, sollten noch einmal Versuche unter der Bedingung Dauerkontrolle durchgeführt werden.

Es sollte auch eine Serie in einem Magnetfeld, aus dem sich keine Richtungsinformationen ableiten lassen, durchgeführt werden, um noch einmal den Versuch zu unternehmen, die Quelle der nichtvisuellen Orientierung zu ermitteln.

Es wäre auch interessant, noch einige Versuche durchzuführen, bei denen die Meisen nicht nach 24 Stunden ihre Samen wiedersuchen sollen, sondern erst zu einem späteren Zeitpunkt. Hier könnte man den Zeitpunkt, zu dem die Meisen den Standort der versteckten Samen vergessen, näher eingrenzen, als es in der vorliegenden Arbeit möglich war. Damit könnte auch die ökologische Bedeutung des Samenversteckens bei Sumpfmeisen ermittelt werden. Es ist nicht anzunehmen, daß die Verstecke als Wintervorräte dienen, wie es bei den anderen beiden betrachteten Arten der Fall ist.

Auch die Versuche unter den Scheinwerfern könnten noch vertieft werden. Bei weiterhin positiven Ergebnissen könnte der experimentelle Aufwand hier noch erhöht werden.

Es wäre auch wünschenswert, die Versuche auf Chickadee Meisen (*Parus atricapillus*), die mit den Sumpfmeisen nahe verwandt sind, auszuweiten. Bei Chickadee Meisen konnte nachgewiesen werden (HITCHCOCK & SHERRY 1990), daß sie in der Lage waren, ihre Samenverstecke nach längerer Zeit, mindestens bis zu 28 Tagen, wiederzufinden. Es wäre so möglich, mit dieser Meisenart klassische Zeitumstellungsversuche durchzuführen, die sich wesentlich einfacher interpretieren ließen, als es die hier gefundenen Ergebnisse erlauben.

---

--

## ZUSAMMENFASSUNG

Einige Vogelarten verstecken im Herbst Samen, um die Samenverstecke im darauffolgenden Winter wieder auszubeuten. In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, wie sich der Kiefernhäher (*Nucifraga columbiana*) der Eichelhäher (*Garrulus glandarius*) und die Sumpfmeise (*Parus palustris*) beim Schaffen und Ausbeuten ihrer Wintervorräte orientieren. Bei den beiden Häherarten sollte herausgefunden werden, ob der Sonnenkompaß eine Rolle bei der Orientierung spielt, wie schon bei dem Buschblauhäher (WILTSCHKO & BALDA 1989) gezeigt werden konnte. Bei den Sumpfmeisen wurde zum einen untersucht, ob eine experimentelle Veränderung des Erdmagnetfeldes eine Rolle bei der Orientierung spielt. Weiterhin wurde untersucht, ob eine Veränderung der Position von zwei starken Scheinwerfern eine Rolle bei der Orientierung der Meisen spielt.

Die Versuche mit Kiefernhähern wurden in Flagstaff (Arizona), die mit Eichelhähern und Sumpfmeisen in Frankfurt am Main durchgeführt. Die Versuche mit Kiefernhähern und Eichelhähern fanden in gleichartigen Volieren unter der natürlichen Sonne statt. Die Vögel durchliefen eine Serie von klassischen Zeitumstellungsversuchen. Die Kiefernhäher wurden darüber hinaus unter verschiedenen Licht- und Schattenverhältnissen getestet.

Die Sumpfmeisen wurden in einem Versuchskäfig in einer Holzhütte unter Kunstlichtbedingungen getestet. In einer Versuchsserie wurde die Horizontalkomponente des den Versuchskäfig umgebenden Erdmagnetfeldes um  $120^\circ$  gedreht. In einer weiteren Versuchsserie wurde mit zwei Halogenscheinwerfern gearbeitet, deren Position während der Versuche verändert wurde.

Es konnte gezeigt werden, daß sowohl beim Kiefernhäher als auch beim Eichelhäher die Sonne eine entscheidende Rolle bei der Orientierung beim Samenverstecken und der Samensuche spielt. Bei beiden Corvidenarten ist die Sonne hier in einem redundanten, multifaktoriellen System eingebunden wie es auch schon für Zugvögel und Brieftauben nachgewiesen werden konnte.

Es gibt Anzeichen dafür, daß Kiefernhäher, die den Tageslauf der Sonne länger nicht mehr mitverfolgen konnten, den Sonnenkompaß erst wieder erlernen müssen. Es konnte gezeigt werden,

-----  
---

-----  
---  
daß die Genauigkeit, mit der die Kiefernhäher ihre versteckten Samen finden, in mehreren, aufeinander folgenden Versuchen abnimmt. Kiefernhäher besitzen ein komplizierteres Orientierungssystem als der in der Vorstudie (WILTSCHKO & BALDA 1989) untersuchte Buschblauhäher, da sie auch ökologisch mehr auf die versteckten Samen angewiesen sind, als die Buschblauhäher.

Desweiteren konnte gezeigt werden, daß Eichelhäher in der Lage sind, die Position von Orten, die ihnen in einer Trainingsphase antrainiert wurde, auch nach einer versuchsfreien Phase von drei Monaten fehlerfrei wiederzufinden.

Bei Sumpfmeisen konnte gezeigt werden, daß sie in der Lage sind, sich nichtvisuell zu orientieren. Ob das Erdmagnetfeld hierbei eine Rolle spielt, konnte weder bestätigt noch ausgeschlossen werden. Es konnte gezeigt werden, daß die Position der Halogenscheinwerfer bei der Orientierung der Sumpfmeisen während der Samensuche eine Rolle spielt.

Es gelang in dieser Arbeit, die Hypothese zu bestätigen, daß Vögel Kompaßmechanismen nicht nur zur Orientierung während des Vogelzuges oder dem Rückflug zum Nest sondern auch in ihrem unmittelbaren Umgebungsbereich benutzen.

## LITERATURVERZEICHNIS

- ABBOTT H. G. & QUINK T. F. (1970): Ecology of eastern White Pine seed caches made by small forest mammals. *Ecology* **51**: 271 - 278
- ABLE, K. P. & BINGMAN V. P. (1987): The development of orientation and navigation behavior in birds. *Quart. Rev. Biol.* **62**: 1 - 29
- APPLEGATE R. D. (1977): Possible ecological role of food caches of Loggerhead Shrike. *Auk* **94**: 391 - 392
- ARISTOTELES (um 340 v. Chr): *Historia animalum*.
- BAKER M. C.; STONE E.; MILLER BAKER A. E.; SHELDEN R. J.; SKILLICORN P. & MANTYCH M. D. (1988): Evidence against observational learning in storage and recovery of seeds by Black-capped Chickadees. *Auk* **105**: 492 - 497
- BALDA R. P. (1980): Recovery of cached seeds by a captive *Nucifraga caryocatactes*. *Z. Tierpsychol.* **52**: 331 - 346
- BALDA R. P. & KAMIL A. C. (1988): The spatial memory of Clark's Nutcrackers (*Nucifraga columbiana*) in an analogue of the radial arm maze. *Animal Learning & Behavior* **16** (2): 116 - 122
- BALDA R. P. & KAMIL A. C. (1989): A comparative study of cache recovery by three corvid species. *Anim. Behav.* **38**: 486 - 495
- BALDA R. P. & KAMIL A. C. (1992): Long term spacial memory in Clark's Nutcrackers, *Nucifraga columbiana*. *Anim. Behav.* **44**: 761 - 769
- BATSCHULET E. (1965): Statistical methods for the analysis of problems in animal orientation and certain biological rhythms. The American Institute of Biological Sciences, Washington, DC.
- BATSCHULET E. (1981): Circular statistics in biology. Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco.
- BECK W. & WILTSCHKO W. (1981): Trauerschnäpper (*Ficedula hypoleuca* PALLAS) orientieren sich nichtvisuell mit Hilfe des Magnetfeldes. *Vogelwarte* **31**: 168 - 174
- BENNETT A. T. (1990): Spatial memory for sites of stored food in the European Jay. In: Proceedings of XX Congressus Internationalis Ornithologici, Christchurch, New Zealand 2 - 9 Dezember 1990, Supplement p. 376
- BOCK W. J.; BALDA R. P. & VANDER WALL S. B. (1973): Morphology of the sublingual pouch and tongue musculature in Clark's Nutcracker. *Auk* **90**: 491 - 519
- BONDRUP- NIELSEN S. (1977): Thawing of frozen prey by boreal and saw- whet owls. *Can. J. Zool.* **55**: 595 - 601
- BROWN L. & AMADON D. (1968): Eagles, hawks and falcons of the world. McGraw- Hill, New York.
- 
-

- 
- BOSSEMA I. (1979): Jays and Oaks: A eco-ethological study of a symbiosis. *Behaviour* **70**: 2 - 117
- BUITRON D. & NUECHTERLEIN G. L. (1985): Experiments on olfactory detection of food caches by Black-billed Magpies. *Condor* **87**: 92 - 95
- BUNCH K. G. & TOMBACK D. F. (1986): Bolus recovery by Gray Jays: an experimental analysis. *Anim. Behav.* **34**: 754 - 762
- BURCHSTED A. E. (1987): Downy Woodpecker caches food. *Wilson Bull.* **99** (1): 136 - 137
- CARLSON A. (1985): Central place food caching: a field experiment with Red-backed Shrikes (*Lanius collurio* L.). *Behav. Ecol. Sociobiol.* **16**: 317 - 322
- COWIE R. J.; KREBS J. R. & SHERRY D. F. (1981): Food storing by March Tits. *Anim. Behav.* **29**: 1252 - 1259
- DEGANGE A. R.; FITZPATRICK J. W.; LAYNE J. N. & WOOLFENDEN G. E. (1989): Acorn harvesting by Florida Scrub Jays. *Ecology* **70** (2): 348 - 356
- DORKA V. (1980): Insektenspeichernde Kleiber *Sitta europaea*: Zur Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Nahrungsspeicher- Verhalten. *Ökol. Vögel* **2**: 145 - 150
- EASTER- PILCHER A. (1990): Cache size as an index to beaver colony size in northwestern Montana. *Wildlife Society Bulletin*, **18** (2): 110 - 113
- ELGMORK K. (1982): Caching behavior of Brown Bears (*Ursus arctos*). *J. Mammal.* **63**: 607 - 612
- ELLIOT L. (1978): Social behaviour and foraging ecology of the Eastern Chipmunk (*Tamias striatus*) in the Ironhack mountains. *Smithsonian Contributions to Zoology* **265**: 1 - 107
- EMLÉN S. T. (1967): Migratory orientation in the Indigo Bunting, *Passerina cyanea*, Part 1: Evidence for the use of celestial cues. *Auk* **84**, 309 - 342
- EMLÉN S. T. (1970): Celestial rotation: Its importance in the development of migratory orientation. *Science* **170**: 1198 - 1201
- ERLINGE S. (1969): Food habits of the otter *Lutra lutra* L. and the mink *Mustela vison* Schreber in a trout water in southern Sweden. *Oikos* **20**: 1 - 7
- EWER R. F. (1968): *Ethology of mammals*. Elek Science, London.
- FJELD P. E. & SONERUD G. A. (1988): Food caching, cache recovery, and the use of an egg shell dump in Hooded Crows *Corvus corone cornix*. *Ornis Scandinavica* **19**: 268 - 274
- FROMME H. G. (1961): Untersuchungen über das Orientierungsvermögen nächtlich ziehender Kleinvögel (*Erithacus rubecula*, *Sylvia communis*). *Z. Tierpsychol.* **18**: 205 - 220
-

- FÜLLER E.; KOWALSKI U. & WILTSCHKO R. (1983): Orientation of homing pigeons: compass orientation vs piloting by familiar landmarks. *J. Comp. Physiol. A* **153**: 55 - 58
- GATTER W. (1974): Analyse einer Invasion des Eichelhäfers (*Garrulus glandarius*) 1972/73 am Randecker Maar (Schwäbische Alb). *Vogelwarte* **27**: 278 - 289
- GRAUE L. C. (1963): The effect of phase shifts in the day- night cycle on pigeon homing at distances of less than one mile. *Ohio J. Sci.* **63**: 214 - 217
- GRUBB T. C. & WAITE T. A. (1987): Caching by Red- breasted Nuthatches. *Wilson Bull.* **99** (4): 696 - 699
- GRÜTER M.; WILTSCHKO R. & WILTSCHKO W. (1982): Distribution of release- site biases around Frankfurt a. M., Germany. In: *Avian Navigation* ed. by Papi/Wallraff. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 222 - 231
- GRZIMEK B. (1980): *Enzyklopädie des Tierreichs*. Deutscher Taschenbuch Verlag, München.
- HEINROTH O. & HEINROTH K. (1941): Das Heimfindevermögen der Brieftauben. *J. Orn.* **89**: 213 - 256
- HEINZEL H.; FITTER R. & PARSLOW J. (1983): *Pareys Vogelbuch*. Parey Verlag, Hamburg, Berlin.
- HENRY S. E.; RAPHAEL M. G. & RUGGIERO L. F. (1990): Food caching and handling by Marten. *Great Basin Naturalist* **50** (4): 381 - 383
- HITCHCOCK C. L. & SHERRY D. F. (1990): Long- term memory for cache sites in the Black- capped Chickadee. *Anim. Behav.* **40**: 701 - 712
- HOFFMANN R. & PRINZINGER R. (1984): Torpor und Nahrungsausnutzung bei 4 Mausvogelarten (Coliiformes). *J. Orn.* **125**: 225 - 237
- HOLTHUIJZEN A. M. A. (1990): Prey delivery, caching, and retrieval rates in nesting Prairie Falcons. *Condor* **92**: 475 - 484
- HOLTMEIER F. K. (1966): Die ökologische Funktion des Tannenhähers im Zirben- Lärchenwald und an der Waldgrenze des Oberengadins. *J. Orn.* **107** (3/4): 337 - 345
- INGRAM W. M. (1942): Snail associates of *Blarina brevicauda talpoides* (Say). *J. Mammal.* **23**: 255 - 258
- JAHNEL M. & SCHMIDT KH. (1992): Wiederfang von zwei Sumpfmeisen (*Parus palustris*) nach einer Serie von Orientierungsversuchen. *Vogelwarte* **36**: 237 - 238
- JAMES P. C. & VERBEEK N. A. M. (1983): The food storage behavior of the Northwestern Crow. *Behaviour* **85**: 276 - 291
- JAMES P. C. & VERBEEK N. A. M. (1984): Temporal and energetic aspects of food storage in Northwestern Crows. *Ardea* **72**: 207 - 215
-

- JARVIS J. U. & SALE J. B. (1971): Burrowing and burrow patterns of east African Mole- rats, *Tachyoryctes*, *Heliophobus* and *Heterocephalus*. *J. Zool. (London)* **163**: 451 - 479
- JOHN A. W. & ROSKELL J. (1985): Jay movements in autumn 1983. *British Birds* **78** (12): 611 - 637
- JOHNSON W. C. & WEBB T. (1989): The role of Blue Jays (*Cyanocitta cristata* L.) in the postglacial dispersal of fagaceous trees in eastern North America. *J. Biogeography* **16**: 561 - 571
- KAMIL A. C. & BALDA R. P. (1985): Cache recovery and spatial memory in Clark's Nutcrackers (*Nucifraga columbiana*). *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, **11** (1): 95 - 111
- KAMIL A. C. & BALDA R. P. (1990a): Differential memory for different cache sites by Clark's Nutcrackers (*Nucifraga columbiana*). *J. Exp. Psychol.: Anim. Behav. Proc.* **16** (2): 162 - 168
- KAMIL A. C. & BALDA R. P. (1990b): Spatial memory in seed- caching corvids. *Psychology of Learning and Motivation* **26**: 1 - 25
- KAWAMICHI T. (1976): Hay territory and dominance rank of Pikas (*Ochotona princeps*). *J. Mammal.* **57**: 133 - 148
- KEETON W. T. (1971): Magnets interfere with pigeon homing. *Proc. Nat. Acad. Sci.* **68**: 102 - 106
- KEETON W. T. (1973): Release-site bias as a possible guide to the "map" component in pigeon homing. *J. Comp. Physiol.* **86**: 1 - 16
- KEETON W. T. (1974): The orientational and navigational basis of homing in birds. In: *Advances in the study of behavior*, Vol V. Academic Press, London, New York, p. 47
- KEVE A. (1985): *Der Eichelhäher*. Neue Brehm Bücherei. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt
- KILHAM L. (1988): Common Raven, *Corvus corax*, caching food in snow. *Canadian Field- Naturalist* **102** (1): 68
- KORPIMÄKI E. (1987): Prey caching of breeding Tengmalm's Owls *Aegolius funereus* as a buffer against temporary food shortage. *Ibis* **129**: 499 - 510
- KRAMER G. (1952): Die Sonnenorientierung der Vögel. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.*: 72 - 84
- KRAMER G. (1953): Wird die Sonnenhöhe bei der Heimfindeorientierung verwertet? *J. Orn.* **94**: 201 - 219
- KRAMER G. (1957): Experiments on bird orientation and their interpretation. *Ibis* **99**: 196 - 227
- KRAMER G. (1959): Recent experiments on bird orientation. *Ibis* **101**: 399 - 416
- 
-

- 
- KRAMER G. & RIESE E. (1952): Die Dressur von Brieftauben auf Kompaßrichtungen im Wahlkäfig. *Z. Tierpsychol.* **9**: 245 - 251
- KREBS J. R.; HEALY S. D. & SHETTLEWORTH S. J. (1990): Spatial memory of Paridae: comparison of a storing and a nonstoring species, the Coal Tit, *Parus ater*, and the Great Tit, *Parus major*. *Anim. Behav.* **39**: 1127 - 1137
- KRUUK H. (1972): *The Spotted Hyaena*. Chicago University Press, Chicago
- LEDNOR A. J. (1982): Magnetic navigation in pigeons: possibilities and problems. In: *Avian Navigation* ed. by Papi/Wallraff. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, pp 109 - 119
- LÖHRL H. (1950): Beobachtungen zur Soziologie und Verhaltensweise von Sumpfmehsen (*Parus palustris communis*) im Winter. *Z. Tierpsychol.* **7**: 417 - 424
- MACDONALD D. W. (1976): Food caching by Red Foxes and some other carnivores. *Z. Tierpsychol.* **42**: 170 - 185
- MACROBERTS M. H. & MACROBERTS B. R. (1976): Social organisation and behaviour of the Acorn Woodpecker in central coastal California. *Ornithol. Monogr.* **21**: 1 - 115
- MARRIOTT B. M. & SALZEN E. A. (1979): Food- storing behavior in captive Squirrel Monkeys (*Saimiri sciureus*). *Primates* **20**: 307 - 311
- MATTHEWS (1953): Sun navigation in homing pigeons. *J. Exp. Biol.* **30**: 243 - 267
- MERKEL F. W. & WILTSCHKO W. (1965): Magnetismus und Richtungsfinden zugunruhiger Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*). *Vogelwarte* **23**: 71 - 77
- MIDDENDORFF A. v. (1859): Die Isepiptesen Rußlands. *Mem. Acad. Sci. St. Petersburg VI, Ser. Tome 8*: 1 - 143
- MOREAU (1972): *The Palaearctic- African bird migration systems*. Academic Press, London, New York.
- MÜLLER H. C. (1974): Food caching behaviour in the American Kestrel (*Falco sparverius*). *Z. Tierpsychol.* **34**: 105 - 114
- MUNRO U. & WILTSCHKO W. (1993): Magnetic compass orientation in the Yellow- faced Honeyeater, *Lichenostomus chrysops* (Meliphagidae), a day- migrating bird from Australia. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **32**: 141 - 145
- MURIE J. O. (1977): Cues used for cache finding by Agoutis (*Dasyprocta punctata*). *J. Mammal.* **58**: 95 - 96
-

- NAGORSEN D. W. (1987): Summer and winter food caches of the Heather Vole, *Phenacomys intermedius*, in Quetico Provincial park, Ontario. Canadian Field- Naturalist **101** (1): 82 - 85
- NOWAK R. M. & PARADISO J. L. (1983): Walker's mammals of the world. John Hopkins Univ. Press, Baltimore.
- PAPI F. (1976): The olfactory navigation system of the homing pigeon. Verh. Dtsch Zool. Ges.: 184 - 205
- PAPI F. (1982): Olfaction and homing in pigeons: ten years of experiments. In: Avian Navigation ed. by Papi/Wallraff. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 149 - 159
- PETIT D. R.; PETIT L. J. & PETIT K. E. (1989): Winter caching ecology of deciduous woodland birds and adaptations for protection of stored food. Condor **91**: 766 - 776
- POWLESLAND R. G. (1980): Food- storing behaviour of the South Island Robin. Mauri Ora **8**: 11 - 20
- PRAVOSUDOV V. V. (1986): Individual differences in the behavior of the Siberian Tit (*Parus cinctus* Bodd.) and the Willow Tit (*Parus montanus* Bald.) in foraging and storing food. Sov. J. Ecol. **17** (4): 237 - 241
- PRINZINGER R. (1990): Temperaturregulation bei Vögeln 1. Termoregulatorische Verhaltensweisen. Luscinia **46** (5/6): 255 - 302
- PRINZINGER R.; LÜBBEN I. & JACKEL S. (1986): Vergleichende Untersuchungen zum Energiestoffwechsel bei Kolibris und Nektarvögeln. J. Orn. **127**: 303 - 313
- PRINZINGER R. & SIEDLE K. (1986): Experimenteller Nachweis von Torpor bei jungen Mehlschwalben *Delichon urbica*. J. Orn. **127**: 95 - 96
- PRUETT- JONES M. A. & PRUETT- JONES S. G. (1985): Food caching in the tropical frugivore, MacGregor's Bowerbird (*Amblyornis macgregoriae*). Auk **102**: 334 - 341
- REESE J. (1972): A Chesapeake Barn Owl population. Auk **89**: 106 - 114
- REICHMAN O. J. & FAY P. (1983): Comparison of the diets of a caching and a non- caching rodent. Am. Nat. **122**: 576 - 581
- ROBBINS C. S.; BRUUN B.; ZIM H. & SINGER A. (1983): Birds of North America. A guide to field identification. Golden, New York.
- ROBINSON A. (1956): The annual reproductive cycle of the Magpie *Gymnorhina dorsalis* Campbell in south- western Australia. Emu **56**: 233 - 336
- SACHS L. (1984): Angewandte Statistik. 6. Auflage. Springer Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, Tokyo.
-

- 
- SANCHES J. C. & REICHMAN O. J. (1987): The effects of conspecifics on caching behavior of *Peromyscus leucopus*. *J. Mammal.* **68** (3): 695 - 697
- SAUER F. (1957): Die Sternorientierung nächtlich ziehender Grasmücken, *Sylvia atricapilla*, *borin* und *carruca*. *Z. Tierpsychol.* **14**: 29 - 70
- SCHALCH D. & SCHARMANN A (1994): Strahlenexposition in Reiseflughöhen. Spektrum der Wissenschaft **12/1994**: 120 - 125
- SCHALLER G. B: (1972): *The Serengeti Lion*. Chicago University Press, Chicago.
- SCHMIDT- KOENIG K. (1958): Experimentelle Einflußnahme auf die 24- Stunden- Periodik bei Brieftauben und deren Auswirkungen unter besonderer Berücksichtigung des Heimfindevermögens. *Z. Tierpsychol.* **15**: 301 - 331
- SCHMIDT- KOENIG K. (1961): Die Sonne als Kompaß im Heim- Orientierungssystem der Brieftauben. *Z. Tierpsychol.* **18**: 221 - 244
- SCHMITZ L. (1986): Invasion de geais des Chenes (*Garrulus glandarius*) en 1986 a Verviers. *Aves* **23** (4): 209 - 215
- SCHÖPS M. (1991a): Infraschall als möglicher Faktor im Orientierungssystem von Brieftauben. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften Frankfurt am Main.
- SCHÖPS M. (1991b): Der Einfluß von Infraschall auf das Orientierungssystem von Brieftauben. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* **84**: 361 - 362
- SCHÜTZ E. (1971): *Grundriß der Vogelzugskunde*. Paul Parey, Berlin- Hamburg.
- SCHUCHMANN K.L. & PRINZINGER R. (1988): Energy metabolism, nocturnal torpor, and respiration frequency in a Green Hermit (*Phaethornis guy*). *J. Orn.* **129**: 469 - 472
- SHERRY D. F. (1982): Food storage, memory, and Marsh Tits. *Anim. Behav.* **30**: 631 - 633
- SHERRY D. F. (1984): Food storage by Black- capped Chickadees: Memory for the location and contents of caches. *Anim. Behav.* **32**: 451 - 464
- SHERRY D. F. (1985): Food storage by birds and mammals. *Advances in the Study of Behavior* **15**: 153 - 188
- SHERRY D. F. (1987): Spatial memory in food- storing birds. In: *Cognitive Processes and Spatial Orientation in Animal and Man*. Vol. 1: *Experimental Animal Psychology and Ethology*. Ed.: P. Ellen & C. Thinus- Blanc (NATO Study Aix- en- Provence). pp: 305- 321
- SHERRY D. F.; AVERY M., & STEVENS A.(1982): The spacing of stored food by Marsh Tits. *Z. Tierpsychol.* **58**: 153 - 162
-

- 
- SHERRY D. F.; KREBS J. R. & COWIE R. J. (1981): Memory for the location of stored food in March Tits. *Anim. Behav.* **29**: 1260 - 1266
- SHERRY D. F. & VACCARINO A. L. (1989): Hippocampus and memory for food caches in Black-capped Chickadees. *Behavioral Neuroscience* **103**: 308 - 318
- SHETTLEWORTH S. J. (1990): Spatial memory in food- storing birds. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* **329**: 143 - 151
- SHETTLEWORTH S. J. & KREBS J. R. (1982): How March Tits find their hoards: The role of site preference and spatial memory. *J. Exp. Psychol.: Anim. Behav. Proc.* **8**: 354 - 375
- SHETTLEWORTH S. J.; KREBS J. R. & Thomas C. (1990): Spatial memory of food- storing tits (*Parus ater* and *P. atricapillus*): Comparison of storing and nonstoring tasks. *J. Comp. Physiol.* **104** (1): 71 - 81
- SKILES D. D. (1985): The geomagnetic field. Its nature, history, and biological relevance. In: *Magnetite Biomineralization and Magnetoreception in Organisms*. Ed.: J. L. Kirschvink; D. S. Jones and B. J. McFadden. Plenum Press, New York, pp. 43 - 102
- SMITH C. C. (1970): The coevolution of Pine Squirrels (*Tamiasciurus*) and conifers. *Ecol. Monogr.* **40**: 349 - 371
- STEININGER, VON F. (1950): Beiträge zur Soziologie und sonstigen Biologie der Wanderratte. *Z. Tierpsychol.* **7**: 356 - 379
- STREPP H. G. (1990): Navigation. In: *Seemannschaft; Handbuch für den Yachtsport*. Delius Klasing Verlag, Bielefeld, pp. 344 - 445
- TOMBACK D. (1977): Foraging strategies of Clark's Nutcrackers. *Living Bird* **16**: 123 - 161
- UDVARDY M. D. (1977): *The Audubon Society field guide to North American Birds. Western Region*. Knopf, New York
- VANDER WALL S. B. (1982): An experimental analysis of cache recovery in Clark's Nutcracker. *Anim. Behav.* **30**: 84 - 94
- VANDER WALL S. B. & BALDA R. P. (1977): Coadaptation of the Clark's Nutcracker and the Piñon Pine for efficient seed harvest and dispersal. *Ecol. Monogr.* **47**: 89 - 111
- VANDER WALL S. B. & BALDA R. P. (1981): Ecology and evolution of food- storage behavior in conifer- seed- caching corvids. *Z. Tierpsychol.* **56**: 217 - 242
- VIGUIER C. (1882): Le sens de l'orientation et ses organes chez les animaux et chez l'homme. *Rev. Philos. de la France et de l'Etranger* **14**: 1 - 36
- WAITE R. K. (1985): Food caching and recovery by farmland corvids. *Bird Study* **32**: 45 - 49
- WAITE T. A. (1988): A field test of density- dependant survival of simulated Gray Jay caches. *Condor* **90**: 247 - 249
-

- WAITE T. A. (1990): Effects of caching supplemental food on induced feather regeneration in wintering Gray Jays (*Perisoreus canadensis*): a ptilochronology study. *Orn. Scand.* **21**: 122 - 128
- WAITE T. A. & GRUBB T. C. (1988): Diurnal caching rhythm in captive White-breasted Nuthatches *Sitta carolinensis*. *Orn. Scand.* **19** (1): 68 - 70
- WALCOTT Ch. (1982): Evidence for magnetic map in homing pigeons?. In: *Avian Navigation*, ed. by Papi/Wallraff. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- WALLRAFF H. G. (1974): *Das Navigationssystem der Vögel*. Schriftenreihe Kybernetik. R. Oldenbourg Verlag, München, Wien.
- WALLRAFF H. G. (1980): Olfaction and homing in pigeons: nerve-section experiments, critique, hypothesis. *J. Comp. Physiol.*, **139**: 209 - 224
- WALLRAFF H. G. (1988): Navigation mit Duftkarte und Sonnenkompaß: Das Heimfindevermögen der Brieftauben. *Naturwiss.* **75**: 380 - 392
- WALLRAFF H. G. & FOA A. (1982): The roles of olfaction and magnetism in pigeon homing. *Naturwiss.* **69**: 504 - 505
- WALLRAFF H. G., BENVENUTI S. & FOA A. (1986): Attempts to reveal the nature of apparent residual homeward orientation in anosmic pigeons: Application of magnetic fields. *Mon. Zool. Ital. (N.S.)* **20**: 401 - 423
- WEBER E. 1986: *Grundriss der Biologischen Statistik*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- WILTSCHKO R. (1980): Die Sonnenorientierung der Vögel. I. *J. Orn.* **121**: 121 - 143
- WILTSCHKO R. (1980): Die Sonnenorientierung der Vögel. II. *J. Orn.* **122**: 1 - 22
- WILTSCHKO R. & WILTSCHKO W. (1978): Evidence for the use of magnetic outward-journey information in homing pigeons. *Naturwiss.* **65**: 112
- WILTSCHKO R. & WILTSCHKO W. (1981): The development of sun compass orientation in young homing pigeons. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **9**: 135 - 141
- WILTSCHKO R. & WILTSCHKO W. (1985): Pigeon homing: change in navigational strategy during ontogeny. *Anim. Behav.* **33**: 583 - 590
- WILTSCHKO R.; NOHR D. & WILTSCHKO W. (1981): Pigeons with a deficient sun compass use the magnetic compass. *Science* **214**: 343 - 345
- WILTSCHKO W. (1968): Über den Einfluß statischer Magnetfelder auf die Zugorientierung der Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*). *Z. Tierpsychol.* **25**: 537 - 558
- WILTSCHKO W. (1974): Der Magnetkompaß der Gartengrasmücke (*Sylvia borin*). *J. Orn.* **115**: 1 - 7
-

- 
- WILTSCHKO W. (1978): Further analysis of the magnetic compass of migratory birds. In: Animal migration, navigation, and homing. Ed.: K. Schmidt- Koenig & W. T. Keeton, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 302 - 310
- WILTSCHKO W. & BALDA R. P. (1989): Sun compass orientation in seed- caching Scrub Jays (*Aphelocoma coerulescens*). J. Comp. Physiol. A **164**: 717 - 721
- WILTSCHKO W.; DAUM- BENZ P.; MUNRO U. & WILTSCHKO R. (1989): Interaction of magnetic and stellar cues in migratory orientation. Journal of Navigation **42**: 355 - 366
- WILTSCHKO W. & MERKEL F. W. (1965): Orientierung zugunruhiger Rotkehlchen im statischen Magnetfeld. Verh. Dtsch. Zool. Gesell.: 362 - 367
- WILTSCHKO W., MUNRO U., FORD H. & WILTSCHKO R. (1993): Magnetic inclination compass: a basis for the migratory orientation of birds in the Northern and Southern Hemisphere. Experimentia **49**: 167 - 170
- WILTSCHKO W. & WILTSCHKO R. (1972): Magnetic compass of European Robins. Science **176**: 62 - 64
- WILTSCHKO W. & WILTSCHKO R. (1978): A theoretical model for migratory orientation and homing in birds. Oikos **30**: 177 - 187
- WILTSCHKO W. & WILTSCHKO R. (1981): Disorientation of inexperienced young pigeons after transportation in total darkness. Nature (London) **291**: 433 - 434
- WILTSCHKO W. & WILTSCHKO R. (1982): The role of outward journey information in the orientation of homing pigeons. In: Avian Navigation ed. by Papi/ Wallraff. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 239 - 252
- WILTSCHKO W. & WILTSCHKO R. (1987): Cognitive maps and navigation in homing pigeons. In: Cognitive Processes and Spatial Orientation in Animal and Man Vol. 1: Experimental Animal Psychology and Ethology. Ed.: P. Ellen & C. Thinus- Blanc. Martinus Nijhoff Publishers Dordrecht, pp. 201 - 216
- WILTSCHKO W. & WILTSCHKO R. (1988): Magnetic orientation in birds. In: Current Ornithology, Vol. 5, ed. by R. F. Johnston, pp 67 - 121
- WILTSCHKO W. & WILTSCHKO R. (1991): Magnetic orientation and celestial cues in migratory orientation. In: Orientation in birds. Ed. P. Berthold, Birkhäuser Verlag, Basel, pp 16 - 37
- WILTSCHKO W.; WILTSCHKO R. & JAHNEL M. (1987b): The orientation behaviour of anosmic pigeons in Frankfurt a. M., Germany. Anim. Behav., **35**: 1324 - 1333
- WILTSCHKO W.; WILTSCHKO R.; KEETON W. T. & MADDEN R.(1983): Growing up in an altered magnetic field affects the initial orientation of young homing pigeons. Behav. Ecol. Sociobiol. **12**: 135 - 142
- WILTSCHKO W.; WILTSCHKO R. & WALCOTT C. (1987a): Pigeon homing: Different effects of olfactory deprivation in different countries. Behav. Ecol. Sociobiol. **21**: 333 - 342
-

Literaturverzeichnis

---

YEAGLY 1947: A preliminary study of a physical basis of bird navigation. *J. Appl. Phys.* **18**: 1035 - 1063

YOSEF R. & PINSHOW B. (1989): Cache size in shrikes influences female mate choice and reproductive success. *Auk* **106**: 418 - 421

## VERZEICHNIS DER ERWÄHNTEN ARTEN

### 1. Vögel

- Australischer Brillenvogel (*Zosterops lateralis*)
- Brieftauben (*Columba livia*)
- Buschblauhäher (*Aphelocoma coerulescens*)
- Chickadee Meisen (*Parus atricapillus*)
- Eichelhäher (*Garrulus glandarius*)
- Gelbgesichtshonigfresser (*Lichenostomus chrysops*)
- Indigofinken (*Passerina cyanea*)
- Kanadischer Unglückshäher (*Perisoreus canadensis*)
- Kiefernhäher (*Nucifraga columbiana*)
- Küstenseeschwalbe (*Sterna paradisaea*)
- Nacktschnabelhäher (*Gymnorhinus cyanocephalus*)
- Poor- Will (*Phalaenoptilus nuttallii*)
- Rotkehlchen (*Erithacus rubecula*)
- Stare (*Sturnus vulgaris*)
- Stellar's Jays (*Cyanocitta stelleri*)
- Sumpfmiese (*Parus palustris*)
- Tannenhäher (*Nucifraga caryocatactes*)

### 2) Säuger

- Grauwale (*Eschrichtius gibbosus*)

-----

--

## ANHANG

### Inhaltsverzeichnis

Tabelle I: Übersicht der 1988 mit Kiefernhähern gemachten Versuche

Tabelle II: Übersicht der 1989 mit Kiefernhähern gemachten Versuche

Tabelle III: Übersicht der 1990 mit Kiefernhähern gemachten Versuche

Tabelle IV: Versuche mit Eichelhähern ohne Erfolg

Tabelle V: Übersicht der 1991 mit Eichelhähern durchgeführten Versuchen

Tabelle VI: Anzahl der Besuche der einzelnen Wannen in den Kontroll-, Zeitumstellungs-,  
und Normalisierungsversuchen mit Eichelhähern.

Tabelle VII: Liste der Meisenversuche Winter 89

Tabelle VIII: Liste der Meisenversuche Winter 1989/1990

Protokollbogen für Eichelhäherversuche

Protokollbogen für Meisenversuche

-----  
---

Anhang Tabelle I

-----  
 --

Tabelle I: Übersicht der 1988 mit Kiefernähern gemachten Versuche

Datum	Vogel	Versuch	Bemerkungen
02/08/88	Jürgen	Habituation	Keine Becherbesuche
03/08/88	Helmut	Habituation	Keine Becherbesuche
04/08/88	Suss	Habituation	Keine Becherbesuche
05/08/88	Schatzee	Habituation	Keine Becherbesuche
08/08/88	Suss	Habituation	Keine Becherbesuche
10/08/88	Jürgen	Habituation	2 Becherbesuche
12/08/88	Schatzee	Habituation	Keine Becherbesuche
16/08/88	Jürgen	Habituation	Becherbesuche
17/08/88	Schatzee	Habituation	Keine Samen versteckt
19/08/88	Helmut	Habituation	Keine Samen versteckt
24/08/88	Jürgen	Habituation	Keine Samen versteckt
25/08/88	Helmut	Habituation	A6, D6, E4, H6
	Suss	Verstecken K1	B1, C1, C4, C5
26/08/88	Jürgen	Habituation	Keine Samen versteckt
	Schatzee	Verstecken K1	F1
28/08/88	Helmut	Suchen Habituation	Samen gefunden
29/08/88	Jürgen	Habituation	Keine Samen versteckt
	Schatzee	Verstecken K1	F5
	Suss	Suchen K1	Samen gefunden
30/08/88	Jürgen	Habituation	Keine Samen versteckt
	Helmut	Verstecken K1	A6, H6
	Hans	Habituation	Becherbesuche
31/08/88	Jürgen	Habituation	C6
	Hans	Verstecken K1	C4, C6, D6
	Suss	Verstecken Zeitum	Keine Samen versteckt
	Kirsten	Habituation	Keine Becherbesuche
01/09/88	Suss	Verstecken Zeitum	E1, E5, E6
	Kirsten	Habituation	Keine Becherbesuche
02/09/88	Jürgen	Suchen	Samen gefunden
	Schatzee	Suchen K1	Samen gefunden
	Helmut	Suchen K1	Samen gefunden
	Kirsten	Habituation	Keine Becherbesuche
03/09/88	Jürgen	Verstecken K1	C6, D3, D5
	Kirsten	Habituation	Keine Becherbesuche
04/09/88	Helmut	Verstecken Zeitum	B6
	Hans	Suchen K1	Samen gefunden
05/09/88	Suss	Suchen Zeitum	Beide Sätze Suchen
06/09/88	Hans	Verstecken Zeitum	Keine Samen versteckt
	Kirsten	Habituation	Keine Becherbesuche
07/09/88	Jürgen	Suchen K1	Samen gefunden
	Suss	Verstecken Normali	A1, A4
	Kirsten	Habituation	Keine Becherbesuche
08/09/88	Kirsten	Habituation	Keine Becherbesuche
09/09/88	Jürgen	Verstecken Zeitum	G4, H6
	Helmut	Suchen Zeitum	D3, D6
10/09/88	Hans	Verstecken Zeitum	Keine Samen versteckt
11/09/88	Schatzee	Verstecken Zeitum	H2, H6
	Helmut	Verstecken Normali	H2, H3, H4

-----  
 --

Anhang Tabelle I

Datum	Namen	Suchen	Bemerkungen
12/09/88	Suss Hans Kirsten	Suchen Normali Verstecken Zeitum Habituation	A1, A4 Keine Samen versteckt Keine Becherbesuche
13/09/88	Jürgen Vogel	Suchen Zeitum Versuch	Suchen G4, H6, A4 Bemerkungen
13/09/88	Suss	Verstecken K2	G2, G3
14/09/88	Hans Kirsten	Verstecken Zeitum Habituation	D1, D6, E2 Becherbesuche
15/09/88	Jürgen Schatzee Helmut	Verstecken Normali Suchen Zeitum Suchen Normali	F1, F2 H2, H6 F2, F4, F3
16/09/88	Jürgen Bernd Kaltschrank Kirsten	Verstecken Normali Habituation Habituation	E3 F4 B6, C4, C6, G2 Keine Samen versteckt
17/09/88	Schatzee Helmut Suss	Verstecken Normali Verstecken K2 Suchen K2	Keine Samen versteckt C5, H2 Samen gefunden
18/09/88	Hans Bernd Kaltschrank	Suchen Zeitum Suchen Habit. Suchen Habit.	D6, E2, F6, G2 Samen gefunden Keine Samen gefunden
19/09/88	Schatzee Kirsten	Verstecken Normali Verstecken K1	Keine Samen versteckt Keine Samen versteckt
20/09/88	Jürgen Helmut Kaltschrank Bernd	Suchen Normali Suchen K2 Suchen Habit. Verstecken K1	F1, D1, D3, C3, E3 Samen gefunden Keine Samen gefunden E2, F2, F3, F4
22/09/88	Hans Kaltschrank	Verstecken Normali Verstecken Habit.	Keine Samen versteckt B2,C2,D2,D4,D5,E2,E4,G1
23/09/88	Jürgen Helmut Kirsten	Verstecken K2 Verstecken K2 Habituation	A4, A6 H4, H6 Becherbesuche
24/09/88	Schatzee Bernd Kaltschrank	Verstecken Normali Suchen K1 Suchen Habit.	C3, D2 Samen gefunden Samen gefunden
26/09/88	Hans Bernd	Verstecken Normali Verstecken Zeitum	A6, B6 C3, C6
27/09/88	Jürgen Helmut	Verstecken K2 Suchen K2	A4, B6 Samen gefunden
29/09/88	Schatzee Kaltschrank	Suchen Normali Verstecken K1	C3, D2, A3, B2 H2, H3
30/09/88	Helmut Kirsten	Verstecken K2 Verstecken K1	G6, H6 Keine Samen versteckt
01/10/88	Hans Bernd	Suchen Normali Suchen Zeitum	G6, H6 C3, C6, E6
03/10/88	Jürgen	Suchen K2	Samen gefunden
04/10/88	Hans Schatzee Kirsten	Verstecken K2 Verstecken K2 Verstecken K1	Keine Samen versteckt Keine Samen versteckt Keine Samen versteckt
05/10/88	Kaltschrank	Suchen K1	Samen gefunden
06/10/88	Helmut Kirsten	Suchen K2 Suchen K1	Samen gefunden Samen gefunden
07/10/88	Schatzee	Verstecken K2	Keine Samen versteckt

Anhang Tabelle I

---

--

Datum	Vogel	Versuch	Bemerkungen
10/10/88	Kaltschrank Hans Kirsten	Verstecken Zeitum Verstecken K2 Verstecken K1	G5, G6, F6 Keine Samen versteckt Keine Samen versteckt
11/10/88	Schatzee Kaltschrank	Verstecken K2 Suchen Zeitum	Keine Samen versteckt G5, G6, F6
13/10/88	Hans	Verstecken K2	G2, G3
17/10/88	Hans Kaltschrank	Suchen K2 Verstecken Normali	Samen gefunden B6
19/10/88	Schatzee Kaltschrank	Verstecken K2 Verstecken Normali	Keine Samen versteckt B6
20/10/88	Jürgen	Verstecken Schatten	B6
21/10/88	Helmut	Verstecken Schatten	A6
22/10/88	Jürgen	Verstecken Schatten	B4
24/10/88	Kaltschrank Helmut	Suchen Normali Verstecken Schatten	B6, B4 A4
25/10/88	Hans	Verstecken Schatten	C1, C3
26/10/88	Kaltschrank Suss	Verstecken K2 Verstecken Schatten	D4, E2 H1, H4
27/10/88	Jürgen	Suchen Sonne	Samen gefunden
28/10/88	Kaltschrank	Suchen K2	Samen gefunden
29/10/88	Helmut	Suchen Sonne	Samen gefunden
31/10/88	Hans	Suchen Sonne	Samen gefunden
01/11/88	Suss	Suchen Sonne	Samen gefunden
02/11/88	Jürgen	Verstecken Sonne	Keine Samen versteckt
03/11/88	Helmut	Verstecken Sonne	C1, C2
04/11/88	Hans	Verstecken Sonne	A1, A6
05/11/88	Suss	Verstecken Sonne	B2, B4
07/11/88	Jürgen	Verstecken Sonne	H4, H6
08/11/88	Helmut	Suchen Schatten	Samen gefunden
09/11/88	Hans	Suchen Schatten	Samen gefunden
10/11/88	Suss	Suchen Schatten	Samen gefunden
14/11/88	Jürgen	Suchen Schatten	Samen gefunden

---

--

Tabelle II: Übersicht der 1989 mit Kiefernhähern gemachten Versuche

Datum	Vogel	Versuch	Bemerkungen
07/09/89	Eckhard	Habituation	7 Becherbesuche
	Fritz	Habituation	Keine Becherbesuche
08/09/89	Dieter	Habituation	Keine Becherbesuche
	Inga	Habituation	Keine Becherbesuche
11/09/89	Karl-Albert	Habituation	Keine Becherbesuche
	Fritz	Habituation	Keine Becherbesuche
12/09/89	Eckhard	Verstecken K1	H1, H2
	Dieter	Habituation	Keine Becherbesuche
13/09/89	Inga	Habituation	Keine Becherbesuche
	Karl-Albert	Habituation	Keine Becherbesuche
14/09/89	Fritz	Habituation	Keine Becherbesuche
	Dieter	Habituation	Keine Becherbesuche
15/09/89	Eckhard	Suchen K1	Samen gefunden
18/09/89	Inga	Habituation	Keine Becherbesuche
	Karl-Albert	Habituation	Keine Becherbesuche
19/09/89	Fritz	Habituation	Keine Becherbesuche
	Dieter	Habituation	Keine Becherbesuche
20/09/89	Inga	Habituation	Keine Becherbesuche
	Karl-Albert	Habituation	Keine Becherbesuche
21/09/89	Fritz	Habituation	Keine Becherbesuche
	Dieter	Habituation	Keine Becherbesuche
22/09/89	Inga	Habituation	Keine Becherbesuche
23/09/89	Karl-Albert	Habituation	Keine Becherbesuche
27/09/89	Dieter	Habituation	Keine Becherbesuche
	Fritz	Habituation	Keine Becherbesuche
28/09/89	Fritz	Habituation	5 Becherbesuche
	Eckhard	Verstecken Zeitum.	Keine Verstecke
29/09/89	Eckhard	Verstecken Zeitum.	F1, F6
	Inga	Habituation	Keine Verstecke
30/09/89	Karl-Albert	Habituation (K1)	A1, A5
	Dieter	Habituation	C6, D6, G1, G3, G5
01/10/89	Fritz	Habituation (K1)	G4, D6
02/10/89	Karl-Albert	Suchen Hab. (K1)	Samen gefunden
	Dieter	Suchen Hab.	Samen gefunden
03/10/89	Fritz	Suchen Hab. (K1)	Samen gefunden
	Inga	Habituation	G6
06/10/89	Inga	Suchen Hab.	Samen gefunden
	Dieter	Verstecken Hab.	A1, A6
07/10/89	Eckhard	Suchen Zeitum.	Samen gefunden
08/10/89	Karl-Albert	Verstecken Zeitum.	B6
09/10/89	Fritz	Verstecken Zeitum.	Keine Verstecke
	Inga	Verstecken K1	Keine Verstecke
10/10/89	Fritz	Verstecken Zeitum.	G2, G4
	Karl-Albert	Verstecken Zeitum.	Keine Verstecke
	Eckhard	Verstecken Normali.	Keine Verstecke
	Inga	Verstecken K1	Keine Verstecke
11/10/89	Dieter	Suchen Hab.	Samen gefunden
12/10/89	Inga	Verstecken K1	Keine Verstecke

Anhang Tabelle II

Datum	Vogel	Versuch	Bemerkungen
13/10/89	Eckhard Karl-Albert Inga Inga Vogel	Verstecken Normali. Verstecken Zeitum. Habituatation Verstecken K1 Versuch	Keine Verstecke B4 Viele Becherbesuche Keine Verstecke
13/10/89	Eckhard	Verstecken Normali.	Keine Verstecke
14/10/89	Dieter Fritz Eckhard	Verstecken K1 Suchen Zeitum. Habituatation	Keine Verstecke Samen gefunden Viele Becherbesuche
15/10/89	Inga Eckhard	Verstecken K1 Verstecken Normali.	H2, H5, H6 A6, A4
16/10/89	Dieter Fritz	Verstecken K1 Verstecken Normali.	A4, A5 Keine Verstecke
17/10/89	Karl-Albert Fritz	Suchen Zeitum. Habituatation	Samen gefunden Becherbesuche
18/10/89	Inga Dieter	Suchen K1 Suchen K1	Samen gefunden Samen gefunden
19/10/89	Karl-Albert	Verstecken Normali.	G1, G6
20/10/89	Inga	Verstecken Zeitum.	E5
21/10/89	Inga Dieter	Verstecken Zeitum. Verstecken Zeitum.	E1 B6
22/10/89	Dieter	Verstecken Zeitum.	B5
23/10/89	Eckhard Karl-Albert	Suchen Normali. Suchen Normali.	Samen gefunden Samen gefunden
24/10/89	Fritz Eckhard Karl-Albert	Verstecken Normali. Verstecken K2 Scha. Verstecken K2 Scha.	C5, C6 E5, E6 C4, C6
26/10/89	Inga Dieter Inga	Suchen Zeitum. Suchen Zeitum. Verstecken Normali.	Samen gefunden Samen gefunden Keine Verstecke
27/10/89	Fritz Dieter	Suchen Normali. Verstecken Normali.	Samen gefunden Keine Verstecke
27/10/89	Fritz	Verstecken K2 Scha.	H1, H6
28/10/89	Eckhard Karl-Albert Inga Dieter Eckhard Karl-Albert	Suchen K2 Sonne Suchen K2 Sonne Verstecken Normali. Verstecken Normali. Verstecken K3 Scha. Verstecken K3 Scha.	Samen gefunden Samen gefunden B4, B5 B1, B6 Keine Verstecke Keine Verstecke
30/10/89	Karl-Albert Karl-Albert	Verstecken K3 Scha. Verstecken K3 Scha.	Keine Verstecke Keine Verstecke
31/10/89	Eckhard Karl-Albert	Verstecken K3 Scha. Verstecken K3 Scha.	B5, B6 Keine Verstecke
01/11/89	Fritz Inga Dieter Fritz	Suchen K2 Sonne Suchen Normali. Suchen Normali. Verstecken K3 Scha.	Samen gefunden Samen gefunden Samen gefunden Keine Verstecke
02/11/89	Karl-Albert Inga Dieter Karl-Albert	Habituatation Verstecken K2 Scha. Verstecken K2 Scha. Verstecken K3 Scha.	Becherbesuche C2, C6 Keine Verstecke H4, H6
03/11/89	Eckhard	Suchen K3 Scha.	Samen gefunden
05/11/89	Fritz Dieter	Verstecken K3 Scha. Verstecken K2 Scha.	F6 H1, H2

Anhang Tabelle II

---

--

06/11/89	Fritz	Verstecken K3 Scha.	F5
07/11/89	Inga	Suchen K2 Sonne	Samen gefunden
	Inga	Verstecken K3 Scha.	A4
	Karl-Albert	Suchen K3 Scha.	Samen gefunden
08/11/89	Inga	Verstecken K3 Scha.	Keine Verstecke
09/11/89	Inga	Verstecken K3 Scha.	A6
10/11/89	Fritz	Suchen K3 Scha.	Samen gefunden
	Dieter	Suchen K2 Sonne	Samen gefunden
Datum	Vogel	Versuch	Bemerkungen

---

12/11/89	Dieter	Verstecken K3 Scha.	E5, E6
13/11/89	Inga	Suchen K3 Scha.	Samen gefunden
16/11/89	Dieter	Suchen K3 Scha.	Samen gefunden

---

--

Anhang Tabelle III

-----  
 --

Tabelle III: Übersicht der 1990 mit Kiefernähern gemachten Versuche

Datum	Vogel	Versuch	Bemerkungen
31/05/90	Olga	Habituation	Becherbesuche
	Helmut	Habituation	Becherbesuche
	Alishka	Habituation	1 Becherbesuch
01/06/90	Frederick	Habituation	2 Becherbesuche
	Jürgen	Habituation	Becherbesuche
02/06/90	Reiner	Habituation	Becherbesuche
	Kathrina	Habituation	Keine Becherbesuche
03/06/90	Bitsy	Habituation	Becherbesuche
04/06/90	Helmut	Habituation	Becherbesuche
05/06/90	Alishka	Habituation	Becherbesuche
06/06/90	Olga	Habituation	Becherbesuche
	Frederick	Habituation	Keine Becherbesuche
07/06/90	Reiner	Habituation	Becherbesuche
08/06/90	Bitsy	Habituation	1 Becherbesuch
	Kathrina	Habituation	Keine Becherbesuche
10/06/90	Frederick	Habituation	3 Becherbesuche
	Bitsy	Habituation	1 Becherbesuch
	Bitsy	Habituation	Keine Becherbesuche
11/06/90	Reiner	Verstecken 1 Sonne	B1, B4, C3
	Jürgen	Verstecken 1 Sonne	F2, F3, F5, G5
12/06/90	Olga	Verstecken 1 Sonne	F3, G4, G6
13/06/90	Frederick	Verstecken 1 Sonne	G2, G3, G5
	Kathrina	Habituation	Keine Becherbesuche
14/06/90	Helmut	Verstecken 1 Sonne	G3, F4
15/06/90	Bitsy	Verstecken 1 Sonne	Keine Verstecke
	Kathrina	Habituation	G6, G5
	Alishka	Verstecken 1 Sonne	G3, G5, F3
16/06/90	Reiner	Suchen 1 Sonne	Samen gefunden
	Jürgen	Suchen 1 Sonne	Samen gefunden
17/06/90	Olga	Suchen 1 Sonne	Samen gefunden
	Bitsy	Verstecken 1 (2) Sonne	Keine Verstecke
18/06/90	Reiner	Verstecken 2 Sonne	H1
	Frederick	Suchen 1 Sonne	Samen gefunden
	Kathrina	Habituation Suchen	Samen gefunden
19/06/90	Jürgen	Verstecken 2 Sonne	Keine Verstecke
	Helmut	Suchen 1 Schatten	Samen gefunden
20/06/90	Alishka	Suchen 1 Schatten	Samen gefunden
21/06/90	Kathrina	Verstecken 1 Sonne	Keine Verstecke
22/06/90	Olga	Verstecken 2 Sonne	Keine Verstecke
24/06/90	Reiner	Verstecken 2 (2) Sonne	Keine Verstecke
25/06/90	Jürgen	Verstecken 2 (2) Sonne	Keine Verstecke
28/06/90	Alishka	Verstecken 2 Sonne	Keine Verstecke
29/06/90	Frederick	Verstecken 2 Sonne	Keine Verstecke
02/07/90	Olga	Verstecken 2 Sonne	E2, E5, D6
03/07/90	Reiner	Verstecken 2 (3)	Keine Verstecke
	Bitsy	Verstecken 1 (3)	Keine Verstecke
04/07/90	Jürgen	Verstecken 2 (3) Sonne	H1, H2
	Kathrina	Verstecken 1 (2) Sonne	Keine Verstecke

-----  
 --

Anhang Tabelle III

Datum	Vogel	Versuch	Bemerkungen
08/07/90	Helmut	Verstecken 2 Sonne	E3, E6
10/07/90	Olga	Suchen 2 Sonne	Samen gefunden
11/07/90	Hans	Habituation	Becherbesuche
	Reiner	Suchen 2 Sonne	Samen gefunden
	Vogel	Versuch	Bemerkungen
12/07/90	Jürgen	Suchen 2 Sonne	Samen gefunden
	Kathrina	Verstecken 1 (3) Sonne	Keine Verstecke
13/07/90	Helmut	Suchen 2 Schatten	Samen gefunden
15/07/90	Olga	Verstecken 3 Sonne	H3, H5, H6
	Jürgen	Verstecken 3 Sonne	Keine Verstecke
16/07/90	Hans	Verstecken 1 Sonne	E3, E5
	Frederick	Verstecken 2 (2) Sonne	Keine Verstecke
17/07/90	Kathrina	Verstecken 1 (4) Sonne	F6, G5, G6
18/07/90	Reiner	Verstecken 3 Sonne	Keine Verstecke
19/07/90	Olga	Suchen 3 Sonne	Samen gefunden
	Frederick	Verstecken 2 (3) Sonne	Keine Verstecke
20/07/90	Hans	Suchen 1 Schatten	Samen gefunden
21/07/90	Alishka	Verstecken 2 (2) Sonne	E5, E6
22/07/90	Olga	Verstecken 4 Sonne	B6, C6
23/07/90	Hans	Verstecken 2 Sonne	Keine Verstecke
	Reiner	Verstecken 3 (2) Sonne	Keine Verstecke
24/07/90	Frederick	Verstecken 2 (4) Sonne	Keine Verstecke
	Kathrina	Suchen 1 Schatten	Samen gefunden
25/07/90	Helmut	Verstecken 3 Sonne	B6, C5
	Alishka	Suchen 2 Schatten	Samen gefunden
26/07/90	Hans	Verstecken 2 Sonne	G5, G6
	Olga	Suchen 4 Sonne	Samen gefunden
	Reiner	Verstecken 3 (3) Sonne	Keine Verstecke
27/07/90	Kathrina	Verstecken 2 Sonne	B6, C6
28/07/90	Frederick	Verstecken 2 (5) Sonne	Keine Verstecke
	Alishka	Verstecken 3 Sonne	Keine Verstecke
29/07/90	Reiner	Verstecken 3 (4) Sonne	Keine Verstecke
	Helmut	Suchen 3 Schatten	Samen gefunden
30/07/90	Hans	Suchen 2 Schatten	Samen gefunden
31/07/90	Jürgen	Verstecken 3 (2) Sonne	B4, C6
	Kathrina	Suchen 2 Schatten	Samen gefunden
01/08/90	Frederick	Verstecken 2 (6) Sonne	Keine Verstecke
	Helmut	Verstecken 4 Sonne	A6, H1, H4
03/08/90	Jürgen	Suchen 3 Sonne	Samen gefunden
	Kathrina	Verstecken 3 Sonne	Keine Verstecke
	Alishka	Verstecken 3 (2) Sonne	B1, C1
04/08/90	Hans	Verstecken 3 Sonne	F4, F6
	Reiner	Verstecken 3 (5) Sonne	F1, G3
	Frederick	Verstecken 2 (7) Sonne	Keine Verstecke
05/08/90	Helmut	Suchen 4 Schatten	Samen gefunden
06/08/90	Jürgen	Verstecken 4 Sonne	E3, E6
06/08/90	Kathrina	Verstecken 3 (2) Sonne	D6
07/08/90	Frederick	Verstecken 2 (8) Sonne	Keine Verstecke
	Alishka	Suchen 3 Schatten	Samen gefunden
08/08/90	Hans	Suchen 3 Schatten	Samen gefunden
	Reiner	Suchen 3 Sonne	Samen gefunden
10/08/90	Jürgen	Suchen 4 Sonne	Samen gefunden
	Kathrina	Suchen 3 Schatten	Samen gefunden

Anhang Tabelle III

---

--

11/08/90	Hans	Verstecken 4 Sonne	H5, H6, A6
	Reiner	Verstecken 4 Sonne	Keine Verstecke
12/08/90	Alishka	Verstecken 4 Sonne	A3, H4
16/08/90	Alishka	Suchen 4 Schatten	Samen gefunden
17/08/90	Hans	Suchen 4	Samen gefunden
	Reiner	Verstecken 4 (2) Sonne	E2, D3
	Kathrina	Verstecken 4 Sonne	Keine Verstecke
19/08/90	Kathrina	Verstecken 4 (2) Sonne	Keine Verstecke
Datum	Vogel	Versuch	Bemerkungen

---

21/08/90	Reiner	Suchen 4 Sonne	Samen gefunden
----------	--------	----------------	----------------

---

--

Tabelle IV: Versuche mit Eichelhähern ohne Erfolg

Datum	Versuchsnummer	Vogel	Versuch
11/07/90	H 90-1	Nok	Habituation
16/07/90	H 90-2	Nok	Habituation
16/07/90	H 90-3	Becks	Habituation
17/07/90	H 90-4	Boris	Habituation
17/07/90	H 90-5	Steffie	Habituation
18/07/90	H 90-6	Zappa	Habituation
18/07/90	H 90-7	Willy	Habituation
19/07/90	H 90-8	Beate	Habituation
19/07/90	H 90-9	Gaby	Habituation
20/07/90	H 90-10	Mona Lisa	Habituation
20/07/90	H 90-11	Freitag	Habituation
23/07/90	H 90-12	Nok	Habituation
23/07/90	H 90-13	Boris	Habituation
24/07/90	H 90-14	Beate	Habituation
24/07/90	H 90-15	Gaby	Habituation
25/07/90	H 90-16	Mona Lisa	Habituation
25/07/90	H 90-17	Steffie	Habituation
26/07/90	H 90-18	Zappa	Habituation
26/07/90	H 90-19	Willy	Habituation
28/07/90	H 90-20	Freitag	Habituation
30/07/90	HC 90-1	Nok	Habituation Verstecken
30/07/90	HC 90-2	Boris	Habituation Verstecken
31/07/90	H 90-21	Bud	Habituation
31/07/90	HC 90-3	Steffie	Habituation Verstecken
01/08/90	H 90-22	Bud	Habituation
01/08/90	HC 90-4	Zappa	Habituation Verstecken
01/08/90	HC 90-5	Willy	Habituation Verstecken
02/08/90	HC 90-6	Beate	Habituation Verstecken
02/08/90	HC 90-7	Gaby	Habituation Verstecken
03/08/90	HC 90-8	Mona Lisa	Habituation Verstecken
03/08/90	HC 90-9	Freitag	Habituation Verstecken
06/08/90	HC 90-10	Nok	Habituation Verstecken
06/08/90	HC 90-11	Bud	Habituation Verstecken
07/08/90	HC 90-12	Zappa	Habituation Verstecken
07/08/90	HC 90-13	Boris	Habituation Verstecken
07/08/90	HC 90-14	Steffie	Habituation Verstecken
08/08/90	HC 90-15	Willy	Habituation Verstecken
08/08/90	HC 90-16	Beate	Habituation Verstecken
08/08/90	HC 90-17	Gaby	Habituation Verstecken
09/08/90	HC 90-18	Mona Lisa	Habituation Verstecken
09/08/90	HC 90-19	Freitag	Habituation Verstecken
09/08/90	HC 90-20	Nok	Habituation Verstecken
10/08/90	HC 90-21	Bud	Habituation Verstecken
10/08/90	HC 90-22	Boris	Habituation Verstecken
13/08/90	HC 90-23	Steffie	Habituation Verstecken
14/08/90	HC 90-25	Willy	Habituation Verstecken
14/08/90	HC 90-26	Beate	Habituation Verstecken
15/08/90	HC 90-24a	Zappa	Habituation Verstecken

Anhang Tabelle IV

Datum	Versuchsnummer	Vogel	Versuch
15/08/90	HC 90-28	Mona Lisa	Habituation Verstecken
15/08/90	HC 90-29	Bud	Habituation Verstecken
17/08/90	HC 90-27b	Gaby	Habituation Verstecken
17/08/90	HC 90-31a	Nok	Habituation Verstecken
17/08/90	HC 90-32	Boris	Habituation Verstecken
20/08/90	HC 90-30a	Freitag	Habituation Verstecken
21/08/90	HC 90-33	Boris	Habituation Verstecken
21/08/90	HC 90-34	Steffie	Habituation Verstecken
21/08/90	HC 90-35	Zappa	Habituation Verstecken
22/08/90	HC 90-36	Willy	Habituation Verstecken
22/08/90	HC 90-37	Beate	Habituation Verstecken
22/08/90	HC 90-38	Gaby	Habituation Verstecken
23/08/90	HC 90-39	Mona Lisa	Habituation Verstecken
23/08/90	HC 90-40	Freitag	Habituation Verstecken
05/09/90	HC4H 90-1	Freitag	Habit. Verstecken 4 h
06/09/90	HC4H 90-2	Nok	Habit. Verstecken 4 h
12/09/90	HC4H 90-3 b	Bud	Habit. Verstecken 4 h
13/09/90	HC4H 90-4 a	Steffie	Habit. Verstecken 4 h
17/09/90	HC4H 90-5	Boris	Habit. Verstecken 4 h
18/09/90	HC4H 90-6	Zappa	Habit. Verstecken 4 h
19/09/90	HC4H 90-7	Willy	Habit. Verstecken 4 h
20/09/90	HC4H 90-8	Beate	Habit. Verstecken 4 h
24/09/90	HC4H 90-9 a	Gaby	Verstecken in B6 4 h
26/09/90	HC4H 90-11	Nok	Habit. Verstecken 4 h
27/09/90	HC4H 90-10 a	Mona Lisa	Habit. Verstecken 4 h
28/09/90	HR 90-1	Gaby	Nicht gefunden
02/10/90	HC4H 90-13	Boris	Habit. Verstecken 4 h
05/10/90	HC4H 90-14	Beate	Habit. Verstecken 4 h
08/10/90	HC4H 90-12 b	Bud	Habit. Verstecken 4 h
09/10/90	HR 90-1 a	Gaby	Habit. Suchen
10/10/90	HC4H 90-15	Mona Lisa	Habit. Verstecken 4 h
11/10/90	HC4H 90-16	Steffie	Habit. Verstecken 4 h
12/10/90	HC4H 90-17	Zappa	Habit. Verstecken 4 h
15/10/90	HC4H 90-18	Willy	Habit. Verstecken 4 h
16/10/90	HC4H 90-19	Gaby	Verstecken in C6
17/10/90	HC4H 90-20	Freitag	Habit. Verstecken 4 h
18/10/90	HC4H 90-21	Nok	Habit. Verstecken 4 h
19/10/90	HC4H 90-22	Boris	Habit. Verstecken 4 h
22/10/90	HR 90-2	Gaby	Samen gefunden
22/10/90	HC4H 90-23	Beate	Habit. Verstecken 4 h
23/10/90	HC 90-41	Mona Lisa	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
23/10/90	HC 90-42	Willy	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
24/10/90	HC 90-43	Bud	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
24/10/90	HC 90-44	Steffie	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
25/10/90	HC 90-45	Nok	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
25/10/90	HC 90-46	Boris	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
26/10/90	CK1 90-1	Gaby	Verstecken K 1 mit 8 Wannen
29/10/90	HC 90-47	Beate	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
29/10/90	HC 90-48	Nicki	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
30/10/90	HC 90-49	Steffie	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
30/10/90	HC 90-50	Freitag	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
31/10/90	TT 90-1	Freitag & Nicki	Tutor Test mit 8 Wannen

Anhang Tabelle IV

---

--

31/10/90	HC 90-51	Bud	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
01/11/90	TT 90-2	Nok & Nicki	Tutor Test mit 8 Wannen
02/11/90	TT 90-3	Bud & Nicki	Tutor Test mit 8 Wannen
05/11/90	TT 90-4	Nok & Nicki	Tutor Test mit 8 Wannen
06/11/90	HC 90-53	Bud	Verstecken Sektor A 8 Wannen
06/11/90	HC 90-54	Beate	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
07/11/90	HC 90-55	Steffie	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
07/11/90	HC 90-56	Gaby	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
Datum	Versuchsnummer	Vogel	Versuch

---

08/11/90	HC 90-57	Boris	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
08/11/90	HC 90-58	Mana Lisa	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
09/11/90	HR 90-3	Bud	Samen gefunden
09/11/90	HC 90-59	Steffie	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
16/11/90	HC 90-60	Freitag	Hab. Verstecken mit 8 Wannen
16/11/90	HC 90-61	Nicki	Hab. Verstecken mit 8 Wannen

---

--

-----  
 --

Tabelle V: Übersicht der 1991 mit Eichelhähern durchgeführten Versuchen

Datum	Vogel	Sektor	Bemerkungen
14/01/91	Steffie	H	6 Erdnüsse offen
	Bud	B	6 Erdnüsse offen
	Freitag	D	6 Erdnüsse offen
	Gaby	G	6 Erdnüsse offen
15/01/91	Steffie	H	6 Erdnüsse offen
	Bud	B	6 Erdnüsse offen
	Bud	B	6 Erdnüsse offen
	Freitag	D	6 Erdnüsse offen
	Gaby	G	6 Erdnüsse offen
	Gaby	G	6 Erdnüsse offen
16/01/91	Steffie	H	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse offen
	Freitag	D	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse offen
	Gaby	G	6 Erdnüsse offen
17/01/91	Steffie	H	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse offen
	Bud	B	6 Erdnüsse offen
	Freitag	D	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse offen
	Gaby	G	6 Erdnüsse offen
18/01/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
19/01/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
21/01/91	Freitag	D	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
22/01/91	Gaby	G	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse 80% vergraben
23/01/91	Gaby	G	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben

-----  
 --

Anhang Tabelle V

---

--

Datum	Vogel	Sektor	Bemerkungen
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
24/01/91	Gaby	G	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
24/01/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
25/01/91	Gaby	G	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
27/01/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
28/01/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
29/01/91	Boris	C	6 Erdnüsse offen
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
30/01/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben
31/01/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben
01/02/91	Boris	C	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse offen
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
03/02/91	Boris	C	6 Erdnüsse 1/4 vergraben

---

--

Anhang Tabelle V

---

--

04/02/91	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H(F)	Zeitumstellungsversuch
	Boris	C	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Freitag	D	Kontrollversuch
	Beate	A	6 Erdnüsse offen
	Nok	F	6 Erdnüsse offen
	Bud	B	6 Erdnüsse vergraben
05/02/91	Gaby	G(E)	Zeitumstellungsversuch
	Boris	C	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse offen
06/02/91	Bud	B	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse offen
	Nok	F	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse 80% vergraben
Datum	Beate	A	6 Erdnüsse offen
	Vogel	Sektor	Bemerkungen

---

07/02/91	Boris	C	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse 1/2 vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben
08/02/91	Steffie	H	Normalisierungsversuch
10/02/91	Freitag	D(B)	Zeitumstellungsversuch
11/02/91	Boris	C	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Gaby	G	Normalisierungsversuch
	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
12/02/91	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben
13/02/91	Steffie	H	Kontrollversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben
14/02/91	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse 80% vergraben
15/02/91	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Gaby	G	Kontrollversuch

---

--

Anhang Tabelle V

---

--

	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben
	Freitag	D	Normalisierungsversuch
	Willy	E	6 Erdnüsse offen
18/02/91	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben
19/02/91	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
20/02/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben
21/02/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
22/02/91	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
25/02/91	Steffie	H	Kontrollversuch
	Freitag	D	6 Erdnüsse total Vergraben Qualifikation # 3
Datum	Vogel	Sektor	Bemerkungen
<hr/>			
25/02/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
26/02/91	Boris	C	Kontrollversuch
	Freitag	D	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
27/02/91	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
28/02/91	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
01/03/91	Steffie	H	Zeitumstellungsversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben

---

--

Anhang Tabelle V

Datum	Vogel	Sektor	Bemerkungen
	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
02/03/91	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Beate	A	6 Erdnüsse 80% vergraben
04/03/91	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
06/03/91	Beate	A	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Steffie	H	Normalisierungsversuch
07/03/91	Boris	C(A)	Zeitumstellungsversuch
	Beate	A	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
08/03/91	Boris	C(A)	Zeitumstellungsversuch
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
11/03/91	Beate	A	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 5
12/03/91	Boris	C	Normalisierungsversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Beate	A	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 6
13/03/91	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Beate	A	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
14/03/91	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 7
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Vogel	Sektor	Bemerkungen
14/03/91	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben nicht gefunden
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
15/03/91	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben
	Beate	A	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
18/03/91	Mona Lisa	E(C)	Zeitumstellungsversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Nok	F	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
	Beate	A	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben

Anhang Tabelle V

Datum	Vogel	Sektor	Bemerkungen
19/03/91	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Nok	F	6 Erdnüsse 80%
	Gaby	G	6 Erdnüsse 80%
20/03/91	Mona Lisa	E(C)	Zeitumstellungsversuch
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Beate	A	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
21/03/91	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Nok	F	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Gaby	G	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
22/03/91	Boris	C	Kontrollversuch
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Gaby	G	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
25/03/91	Bud	B	Kontrollversuch
	Boris	C	Kontrollversuch
	Mona Lisa	E	Normalisierungsversuch
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
26/03/91	Nok	F	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Gaby	G	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
27/03/91	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Gaby	G	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
28/03/91	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Gaby	G	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse 80% vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
29/03/91	Mona Lisa	E	Kontrollversuch
	Bud	B	Zeitumstellungsversuch
31/03/91	Mona Lisa	E	Kontrollversuch
02/04/91	Bud	B	Normalisierungsversuch
	Beate	A	Kontrollversuch
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Nok	F	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
03/04/91	Beate	A	Kontrollversuch
	Gaby	G	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Nok	F	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 5
04/04/91	Beate	A	Kontrollversuch
	Gaby	G	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben

Anhang Tabelle V

---

--

	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Nok	F	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
05/04/91	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Gaby	G	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 6
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
08/04/91	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 7
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Beate	A	Zeitumstellungsversuch
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
09/04/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 8
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Nok	F	6 Erdnüsse total vergraben nicht gefunden
10/04/91	Beate	A(G)	Zeitumstellungsversuch
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 9
11/04/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben
	Nok	F	6 Erdnüsse total vergraben
12/04/91	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 5
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 10
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Larry	H	Habituation ohne Erdnüsse
15/04/91	Beate	A	Normalisierungsversuch
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 5
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 5
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 11
	Larry	H	6 Erdnüsse offen Habituation
16/04/91	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 6
	Nok	F	6 Erdnüsse total vergraben
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 12
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 6
17/04/91	Steffie	H	6 Wochen Langzeitkontrolle
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 13
	Nok	F	6 Erdnüsse total vergraben
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse 50% vergraben
18/04/91	Gaby	-	Suchen der versteckten Samen
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 14
	Nok	F	4 Erdnüsse 80% 2 Erdnüsse total

---

--

Anhang Tabelle V

Datum	Vogel	Sektor	Bemerkungen
19/04/91	Gaby	G	15 Erdnüsse offen Versteckversuch nicht verst.
	Larry	H	15 Erdnüsse auf Becher Versteckversuch
	Mona Lisa	E	4 Erdnüsse 80% 2 Erdnüsse total vergraben
	Nok	F	4 Erdnüsse 80% 2 Erdnüsse total vergraben
22/04/91	Nok	F	6 Erdnüsse total vergraben
	Larry	H	Suchen der versteckten Erdnüsse
	Mona Lisa	E	2 Erdnüsse 80% 4 Erdn. total vergraben Qual # 10
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 7
23/04/91	Larry	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 15
24/04/91	Mona Lisa	E	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Larry	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 16
	Nok	F	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
25/04/91	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 17
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 8
26/04/91	Mona Lisa	E	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Larry	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 18
	Nok	F	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
29/04/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Beate	A(G)	Zeitumstellungsversuch
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 19
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 9
02/05/91	Mona Lisa	E	2 Erdnüsse total 4 Erdnüsse 80% vergraben
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
03/05/91	Beate	A(G)	Zeitumstellungsversuch
	Boris	C	Kontrollversuch
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 10
	Boris	C	Kontrollversuch
06/05/91	Mona Lisa	E	2 Erdnüsse 80% 4 Erdnüsse total vergraben
	Steffie	H	Kontrollversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 6
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 11
07/05/91	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 12
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 7

Anhang Tabelle V

Datum	Vogel	Sektor	Bemerkungen
	Mona Lisa	E	6 Erdnüsse total vergraben
	Willy	-	Habituatation
08/05/91	Boris	C(A)	Zeitumstellungsversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 8
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 13
10/05/91	Beate	A	Normalisierungsversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 9
13/05/91	Steffie	H(F)	Zeitumstellungsversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 10
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 14
	Mona Lisa	E	1 Erdnuß 80% 5 Erdnüsse total vergraben
15/05/91	Boris	C	Normalisierungsversuch
Datum	Vogel	Sektor	Bemerkungen
15/05/91	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 11
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 15
16/05/91	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 12
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 16
17/05/91	Beate	A	Kontrollversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 13
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
21/05/91	Steffie	H	Normalisierungsversuch
	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 14
	Beate	A	Kontrollversuch
22/05/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 17
23/05/91	Bud	B	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 15
	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 1
24/05/91	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
28/05/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Boris	C	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 2
29/05/91	Bud	B(H)	Zeitumstellungsversuch
	Boris	C	Kontrollversuch
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 18
30/05/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 3
	Gaby	G	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 19
03/06/91	Steffie	H	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 5
	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 4
04/06/91	Boris	C(A)	Zeitumstellungsversuch

Anhang Tabelle V

---

--

	Bud	B	Normalisierungsversuch
05/06/91	Beate	A	6 Erdnüsse total vergraben Qualifikation # 5
	Steffie	H	6 Erdnüsse + 2 versteckte Erdnüsse
10/06/91	Bud	B	Kontrollversuch
	Boris	C	Normalisierungsversuch
11/06/91	Steffie	H	Kontrollversuch
	Beate	A	Kontrollversuch
12/06/91	Beate	A	Kontrollversuch
17/06/91	Steffie	H(F)	Zeitumstellungsversuch
	Beate	A(G)	Zeitumstellungsversuch
18/06/91	Beate	A(G)	Zeitumstellungsversuch
24/06/91	Steffie	H	Normalisierungsversuch
	Beate	A	Normalisierungsversuch
25/06/91	Beate	A	Normalisierungsversuch
26/06/91	Beate	A	Normalisierungsversuch
09/08/91	Steffie	H	Langzeitkontrolle
	Bud	B	Langzeitkontrolle
	Boris	C	Langzeitkontrolle
13/08/91	Bud	B	Langzeitkontrolle

---

--

Anhang Tabelle VI

--

Tabelle VI: Anzahl der Besuche der einzelnen Wannen in den Kontroll-, Zeitumstellungs-, und Normalisierungsversuchen mit Eichelhähern.

VOGEL	Vers.	Dat	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°	n	$\alpha$	r
Beate	K (1)	2.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
	K (2)	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
	K (3)	4.4	-	-	-	-	-	-	-	1	1	360	1
	ZU (1)	8.4	-	-	-	-	-	-	-	5	5	360	1
	ZU (2)	10.4	-	-	-	-	-	-	1	4	5	351	,95
	K 2	15.4	-	-	-	-	-	-	-	1	1	360	1
	ZU	29.4	1	-	-	-	-	-	-	3	4	11	,94
	ZU (2)	3.5	2	2	1	2	1	2	-	1	11	125	,16
	K 2	10.5	-	-	-	-	-	-	-	2	2	360	1
	K (1)	17.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
	K (2)	21.5	-	-	-	-	-	-	-	1	1	360	1
	K (1)	11.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
	K(2)	12.6	-	-	-	-	-	-	-	1	1	360	1
	ZU (1)	17.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
	ZU (2)	18.6	3	2	-	-	-	-	-	2	7	45	,83
	K 2 (1)	24.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
	K 2 (2)	25.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
	K 2 (3)	26.6	-	-	-	-	-	-	-	1	1	360	1
	Boris	K	26.2	-	-	-	-	-	-	-	2	2	360
ZU (1)		7.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
ZU (2)		8.3	1	-	-	-	-	3	-	2	6	320	,59
K 2		12.3	-	-	-	-	-	-	-	2	2	360	1
K (1)		22.3	-	-	-	-	-	1	-	-	1	270	1
K (2)		25.3	-	-	-	-	-	1	-	1	2	315	,71
K		3.5	-	-	-	-	-	-	-	2	2	360	1
ZU		8.5	1	1	1	-	1	-	2	1	7	10	,25
K 2		15.5	-	-	-	-	-	-	1	1	2	338	,92
K		29.5	-	-	-	-	-	-	1	2	3	345	,93
ZU		4.6	-	-	-	-	-	1	1	1	3	315	,80
K 2		10.6	-	-	-	-	-	-	-	1	1	360	1
LK		9.8	-	-	-	-	-	-	-	5	5	360	1
Bud		K	25.3	-	-	-	-	-	-	-	1	1	360
	ZU	29.3	-	-	-	-	-	6	4	6	16	315	,78
	K 2	2.4	-	-	-	-	-	-	-	3	3	360	1
	ZU	29.5	-	-	-	-	-	-	-	4	4	360	1
	K 2	4.6	-	-	-	-	-	-	1	3	4	349	,94
	K	10.6	-	-	-	-	-	-	-	2	2	360	1
	LK	9.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	-
	LK	13.8	-	-	-	-	-	-	-	2	2	360	1
Freitag	K	4.2	-	-	-	-	-	-	-	4	4	360	1
	ZU	10.2	2	-	-	-	-	1	-	1	4	10	,61
	K 2	15.2	-	-	-	-	-	1	2	1	4	315	,85
Gabi	ZU	5.2	1	-	1	2	7	1	1	2	15	231	,45
	K 2	11.2	1	1	-	-	-	-	-	2	4	32	,80
Mona Lisa	K	15.2	2	1	1	-	-	-	-	2	6	49	,69
	ZU (1)	18.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	---	--
ZU (2)	20.3	1	-	1	3	-	-	2	4	11	360	,22	

--

Anhang Tabelle VI

---

--

			45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°	n	α	r
Steffie VOGEL	K 2	25.3	-	-	-	-	-	-	-	4	4	360	1
	K (1)	29.3	-	-	-	-	-	-	-	1	1	360	1
	K (2)	31.3	1	-	-	-	-	-	-	2	3	15	,93
	ZU	4.2	-	-	-	-	-	2	2	5	9	332	,81
	Vers.	Dat											
Steffie	K 2	8.2	1	1	-	1	1	1	1	8	14	355	,55
	K	13.2	1	-	-	-	-	-	-	3	4	11	,94
	K	25.2	-	-	-	-	-	-	-	3	3	360	1
	ZU	1.3	2	-	-	-	-	-	-	4	6	15	,93
	K 2	6.3	-	-	-	-	-	-	-	5	5	360	1
	LK.	17.4	1	-	-	-	-	-	-	5	6	7	,96
	K	6.5	-	-	-	-	-	-	-	3	3	360	1
	ZU	13.5	4	1	1	1	1	3	4	5	20	346	,43
	K 2	21.5	2	1	1	-	-	-	2	4	10	16	,64
	K	11.6	-	-	-	-	-	-	-	2	2	360	1
	ZU	17.6	-	-	-	-	-	-	-	4	4	360	1
	K 2	24.6	-	-	-	-	-	-	-	2	2	360	1
	LK	9.8	-	-	-	-	-	-	-	6	6	360	1

---

K: Kontrolle vor Zeitumstellung; ZU: Zeitumstellung; K2: Kontrolle nach Zeitumstellung

n: Anzahl der Wannenbesuche; r: Vektorlänge; α: Mittelwinkel

--

-----  
 --

Tabelle VII: Liste der Meisenversuche Winter 89

Datum	Vogel #	Versuch	Versuchsnummer
12/01/89	1	Habituation	H 89-1
13/01/89	2	Habituation	H 89-2
	1	HabituationVerstecken	HC 89-1
16/01/89	2	HabituationVerstecken	HC 89-2
	1	HabituationVerstecken	HC 89-3
17/01/89	2	HabituationVerstecken	HC 89-4
	1	HabituationVerstecken	HC 89-5
19/01/89	2	HabituationVerstecken	HC 89-6
	1	HabituationVerstecken	HC 89-7
20/01/89	2	HabituationVerstecken	HC 89-8
23/01/89	1	HabituationVerstecken	HC 89-9
	2	HabituationVerstecken	HC 89-10
24/01/89	1	HabituationVerstecken	HC 89-11
	2	HabituationVerstecken	HC 89-12
25/01/89	1	HabituationVerstecken	HC 89-13
	2	HabituationVerstecken	HC 89-14
26/01/89	1	HabituationVerstecken	HC 89-15
	2	HabituationVerstecken	HC 89-16
27/01/89	1	HabituationVerstecken	HC 89-17
	2	HabituationVerstecken	HC 89-18
30/01/89	1	HabituationVerstecken	HC 89-19
	2	HabituationVerstecken	HC 89-20
31/01/89	1	HabituationVerstecken	HC 89-21
	2	HabituationVerstecken	HC 89-22
01/02/89	1	HabituationVerstecken	HC 89-23
	2	HabituationVerstecken	HC 89-24
02/02/89	2	Habituation Suchen	HR 89-1
	1	HabituationVerstecken	HC 89-25
03/02/89	1	Habituation Suchen	HR 89-2
08/02/89	1	Habituation Verstecken (2)	HC 89-26
	2	Habituation Verstecken (2)	HC 89-27
09/02/89	1	Habituation Suchen	HR 89-3
	2	Habituation Suchen	HR 89-4
11/02/89	3	Habituation	H 89-3
13/02/89	2	Verstecken 120° Feld	C120 89-1
	1	Verstecken Normalfeld	CN 89-1
14/02/89	1	Suchen 120° Feld	RN 89-1
	2	Suchen Normalfeld	R120 89-1
	3	Habituation Verstecken	HC 89-28
15/02/89	2	Verstecken Kontrolle 120°	C120 89-2
	3	Verstecken Kontrolle 120°	HC 89-29
	1	Verstecken Normalfeld	CN 89-2
16/02/89	1	Suchen 120° Feld	RN 89-2
	2	Suchen Kontrolle 120°	K120 89-1
	3	Suchen Kontrolle 120°	HC 89-30
20/02/89	3	Suchen Kontrolle 120°	HC 89-31
	2	Verstecken 120° Feld	C120 89-3
	1	Verstecken Normalfeld	CN 89-3

-----  
 --

Anhang Tabelle VII

-----

--

Datum	Vogel #	Versuch	Versuchsnummer
21/02/89	1	Verstecken Normalfeld	CN 89-4
	2	Suchen Normalfeld	R120 89-2
	3	Habituation Suchen	HR 89-5
22/02/89	2	Verstecken Kontrolle	K 89-2
22/02/89	3	Habituation Verstecken (2)	HC 89-32
	1	Verstecken Normalfeld	CN 89-5
23/02/89	1	Suchen 120° Feld	RN 89-3
	3	Habituation Suchen	HR 89-6
	2	Suchen Kontr. (Verstecken)	KN 89-3
24/02/89	2	Suchen 120° C. KN 89-3	RN 89-4
	3	Verstecken "Sonne"	C SO 89-1
	1	Verstecken Normalfeld	CN 89-6
25/02/89	1	Suchen 120° Feld	RN 89-5
	3	Suchen "Sonne"	R SO 89-1
28/02/89	3	Verstecken "Sonne"	C SO 89-2
	1	Verstecken Normalfeld	CN 89-7
01/03/89	1	Suchen 120° Feld	RN 89-6
	3	Suchen "Sonne"	R SO 89-2
	2	Verstecken "Sonne"	C SO 89-3
02/03/89	2	Suchen "Sonne"	R SO 89-3
	1	Verstecken "Sonne"	C SO 89-4
	3	Verstecken "Sonne"	C SO 89-5
03/03/89	1	Suchen "Sonne"	R SO 89-4
	3	Suchen "Sonne"	R SO 89-5
07/03/89	1	Verstecken "Sonne"	C SO 89-6
	3	Verstecken "Sonne"	C SO 89-7
08/03/89	3	Suchen "Sonne"	R SO 89-7
	1	Suchen "Sonne"	R SO 89-6

-----

-----  
 --

Tabelle VIII: Liste der Meisenversuche Winter 1989/1990

Datum	Vogel #	Versuch	Versuchsnummer
20/11/89	1	Habituation Verstecken	HC 89-1
21/11/89	1	Habituation Verstecken	HC 89-2
23/11/89	1	Habituation Verstecken	HC 89-3
24/11/89	1	Habituation Verstecken	HC 98-4
27/11/89	1	Habituation Verstecken	HC 89-5
	2	Habituation Verstecken	HC 89-6
28/11/89	1	Habituation Verstecken	HC 89-7
	2	Habit. Verstecken 120°	HC 89-8
30/11/89	1	Habituation Verstecken	HC 89-9
	2	Habit. Verstecken 120°	HC 89-10
01/12/89	2	Habit. Suchen 120°	HR 89-1
	1	Habituation Verstecken	HC 89-11
04/12/89	1	Habituation Verstecken	HC 89-12
	2	Verstecken Kontr. 1 120°	CK1 89-1
05/12/89	1	Habituation Verstecken	HC 89-13
	2	Verstecken Kontr. 1 120°	CK1 89-2
06/12/89	1	Habituation Suchen	HR 89-2
	2	Verstecken Kontr. 1 120°	CK1 89-3
07/12/89	1	Verstecken Kontr. 1	CK1 89-4
	2	Verstecken Kontr. 1 120°	CK1 89-5
08/12/89	1	Suchen Kontr. 1	RK1 89-1
11/12/89	1	Verstecken Kontr. 1	CK1 89-6
	2	Verstecken Kontr. 1 120°	CK1 89-7
12/12/89	1	Suchen Kontr 1 II	RK1 89-2
	2	Verstecken Kontr. 1 120°	CK1 89-8
14/12/89	1	Verstecken für Drehversuch	CS 89-1
	2	Verstecken Kontr. 1 120°	CK1 89-9
15/12/89	1	Suchen im 120°Feld	RS 89-1
18/12/89	1	Verstecken für Rückdrehversuch	CS 89-2
	2	Verstecken Kontr. 1 120°	CK1 89-10
21/12/89	1	Suchen 120° Feld 3 Tage	R3T 89-1
	2	Suchen 120° Feld 3 Tage	R3T 89-2
	3	Habituation Verstecken	HC 89-14
22/12/89	3	Habituation Verstecken	HC 89-15
27/12/89	1	Verstecken für Drehversuch	CS 89-3
	3	Habituation Verstecken	HC 89-16
28/12/89	1	Suchen 120° Feld	RS 89-2
	3	Habituation Verstecken	HC 89-17
02/01/90	1	Verstecken Rückdrehversuch	CS 89-4
	2	Verstecken Kontrolle 1 120°	CK1 89-11
03/01/90	3	Habituation Verstecken	HC 89-18
	1	Suchen Rückdrehversuch	RS 89-3
04/01/90	2	Verstecken Kontrolle 1 120°	CK1 89-12
	3	Habituation Verstecken	HC 89-19
05/01/90	2	Verstecken Kontrolle 1 120°	CK1 89-13
	3	Habituation Verstecken	HC 89-20
11/01/90	2	Verstecken Kontrolle 1 120°	CK1 89-14
12/01/90	3	Habituation Verstecken	HC 89-21
15/01/90	3	Habituation Verstecken	HC 89-22

Anhang Tabelle VIII

--

---

Datum	Vogel #	Versuch	Versuchsnummer
16/01/90	2	Verstecken Kontrolle 1 120°	CK1 89-15
	1	Verstecken Kontrolle 2	CK2 89-1
17/01/90	1	Suchen Kontrolle 2	RK2 89-1
17/01/90	2	Suchen Kontrolle 1 120°	RK1 89-3
18/01/90	3	Habituation Verstecken	HC 89-23
	1	Verstecken Kontrolle 3	CK3 89-1
19/01/90	1	Suchen Kontrolle 3	RK3 89-1
22/01/90	3	Habituation Verstecken	HC 89-24
	1	Verstecken für Drehversuch	CS 89-5
23/01/90	2	Verstecken Kontrolle 1 120°	CK1 89-16
	3	Habituation Verstecken	HC 89-25
	1	Verstecken für Drehversuch	CS 89-6
24/01/90	2	Verstecken Kontrolle 1	CK1 89-17
	3	Habituation Verstecken	HC 89-26
	1	Suchen Drehversuch	RS 89-4
29/01/90	2	Verstecken Kontrolle 1	CK1 89-18
	1	Verstecken Rückdrehversuch	CS 89-7
30/01/90	1	Suchen Rückdrehversuch	RS 89-5
	4	Habituation Verstecken	HC 89-27
	2	Verstecken Kontrolle 1 (EF)	CK1 89-19
31/01/90	2	Suchen Kontrolle 1	RK1 89-4
01/02/90	1	Verstecken Kontrolle 4	CK4 89-1
	4	Habituation Verstecken	HC 89-28
02/02/90	1	Suchen Kontrolle 4	RK4 89-1
	4	Habituation Verstecken	HC 89-29
05/02/90	4	Habituation Verstecken	HC 89-30
	2	Verstecken für Drehversuch	CS 89-8
06/02/90	2	Verstecken für Drehversuch	CS 89-9
	5	Habituation Verstecken	HC 89-31
06/02/90	4	Habituation Verstecken	HC 89-32
07/02/90	2	Suchen 120° Drehversuch	RS 89-6
	5	Habituation Verstecken	HC 89-33
	4	Habituation Verstecken	HC 89-34
08/02/90	2	Verstecken für Drehversuch	CS 89-10
	1	Verstecken "Sonne" Kontrolle	CSOK 90-1
08/02/90	4	Habituation Verstecken	HC 89-35
09/02/90	2	Suchen 120° Drehversuch	RS 89-7
	1	Suchen "Sonne" Kontrolle	RSOK 90-1
	4	Habituation Verstecken	HC 89-36
12/02/90	4	Habituation Verstecken	HC 89-37
	5	Habituation Verstecken	HC 89-38
13/02/90	5	Habituation Verstecken	HC 89-39
	4	Habituation Verstecken	HC 89-40
14/02/90	1	Verstecken "Sonne" Kontrolle	CSOK 90-2
	2	Verstecken für Drehversuch	CS 89-11
	4	Habituation Verstecken	HC 89-41
15/02/90	1	Verstecken "Sonne" Kontrolle	CSOK 90-3
	2	Suchen im 120° Feld	RS 89-8
	4	Habituation Verstecken	HC 89-42
16/02/90	1	Suchen "Sonne" Kontrolle	RSOK 90-2
	4	Habituation Verstecken	HC 89-43
	5	Habituation Verstecken	HC 89-44

---

Anhang Tabelle VIII

--

---

Datum	Vogel #	Versuch	Versuchsnummer
20/02/90	2	Verstecken Kontrolle 2	CK2 89-2
	4	Habituation Verstecken	HC 89-44
	5	Habituation Verstecken	HC 89-45
21/02/90	4	Habituation Verstecken	HC 89-46
	2	Suchen Kontrolle 2	RK2 89-2
	5	Habituation Verstecken	HC 89-47
22/02/90	4	Habituation Verstecken	HC 89-48
22/02/90	5	Habituation Suchen	HR 89-3
	1	Verstecken Kontrolle "Sonne"	CSOK 90-4
23/02/90	1	Suchen Kontrolle "Sonne"	RSOK 90-3
	4	Habituation Suchen	HR 89-4
26/02/90	5	Habituation Verstecken	HC 89-49
	1	Verstecken für Drehversuch "Sonne"	CSHSO 90-1
	2	Verstecken für Drehversuch	CS 89-12
27/02/90	5	Habituation Suchen	HR 89-5
	2	Suchen im 120° Feld	RS 89-9
	1	Suchen Drehversuch "Sonne"	RSHSO 90-1
28/02/90	5	Habituation Verstecken	HC 89-50
	1	Verstecken Rückdrehversuch "Sonne"	CSHSO 90-2
	2	Verstecken Kontrolle 3 120 °	CK3 89-2
01/03/90	2	Suchen Kontrolle	RK3 89-2
	4	Habituation Verstecken	CK1 89-20
	1	Verstecken Kontrolle "Sonne"	CSOK 90-5
02/03/90	1	Suchen Kontrolle "Sonne"	RSOK 90-4
05/03/90	2	Verstecken Kontrolle 4	CK4 89-2
	4	Verstecken Kontrolle 1	CK1 89-21
	1	Verstecken Drehversuch "Sonne"	CSHSO 90-3
06/03/90	1	Verstecken Drehversuch "Sonne"	CSHSO 90-4
	4	Verstecken Kontrolle 1	CK1 89-22
	2	Verstecken Kontrolle 5	CK5 90-1
07/03/90	4	Suchen Kontrolle 1	RK1 89-5
	1	Suchen Drehversuch "Sonne"	RSHSO 90-2
	2	Suchen Kontrolle	RK5 90-1
08/03/90	4	Verstecken Kontrolle Dauer	CKD 90-1
	1	Verstecken Drehversuch "Sonne"	CSHSO 90-5
	2	Verstecken Kontrolle "Sonne"	CSOK 90-6
09/03/90	1	Suchen Drehversuch "Sonne"	RSHSO 90-3
	2	Suchen Kontrolle "Sonne"	RSOK 90-5
12/03/90	4	Verstecken Dauerkontrolle	CKD 90-2
	1	Verstecken für Drehversuch "Sonne"	CSHSO 90-6
12/03/90	2	Verstecken für Drehversuch "Sonne"	CSHSO 90-7
13/03/90	1	Verstecken für Drehversuch "Sonne"	CSHSO 90-8
	4	Verstecken Dauerkontrolle	CKD 90-3
	2	Suchen Drehversuch "Sonne"	RSHSO 90-4
14/03/90	1	Verstecken für Drehversuch "Sonne"	CSHSO 90-9
	2	Verstecken Kontrolle "Sonne"	CSOK 90-7
	4	Suchen Dauerkontrolle	RKD 90-1
15/03/90	1	Suchen Drehversuch "Sonne"	RSHSO 90-4
	2	Suchen Kontrolle "Sonne"	RSOK 90-6

---

-----  
--

## VERSUCHSPROTOKOLL

---

Datum:

Versuchsnummer:

Versuchsvogel:

Art: Eichelhäher

Art des Versuchs:

Anfang:

Ende:

Wetter:

-----  
--

-----  
--

# VERSUCHSPROTOKOLL

Datum:

Versuchsnummer:

Video Nr.:

Versuchsvogel:

Art: **Sumpfmäuse**

Art des Versuchs:

Magnetisch N = Geographisch Nord

=.....°

Nordbaum Nr:

Versuchsbeginn:

Versuchsende:

Anzahl der Samen am Anfang (nach ... h):

Am Ende:

Caches:

In Baum Nr.:

Ast Nr.:

Caches:

In Baum Nr.:

Ast Nr.:

Caches:

In Baum Nr.:

Ast Nr.:

-----  
--

Anhang Protokollbogen für Sumpfmäusenversuche

-----

--

Caches:                    In Baum Nr.:                    Ast Nr.:

Caches:                    In Baum Nr.:                    Ast Nr.:

Bemerkungen:

-----

--