

Aus dem Institut für Zoologie Heidelberg

Eingereicht über das Institut für Veterinär-Anatomie, -Histologie und
-Embryologie der Justus-Liebig-Universität Gießen

Ermittlung der Lernkapazität, des
Generalisationsvermögens und der
Gedächtnisdauer des Parma Känguruhs
mit Hilfe der simultanen Zweifachwahl

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades beim
Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
KATHARINA OTT

Gießen 2000

Aus dem Institut für Zoologie Heidelberg

Betreuer: Prof. Dr. H. F. Moeller

Eingereicht über das Institut für Veterinär-Anatomie, -Histologie und
-Embryologie der Justus-Liebig-Universität Gießen
im Fachbereich vertreten durch: Prof. Dr. G. Hummel

Ermittlung der Lernkapazität, des
Generalisationsvermögens und der
Gedächtnisdauer des Parma Känguruhs
mit Hilfe der simultanen Zweifachwahl

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades beim
Fachbereich Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
KATHARINA OTT
Tierärztin aus Heidelberg (Baden-Württemberg)

Gießen 2000

Mit Genehmigung des Fachbereichs Veterinärmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

Dekan:

1. Berichterstatter:

2. Berichterstatter:

Tag der mündlichen Prüfung:

Inhaltsverzeichnis

<i>1 Einleitung.....</i>	<i>7</i>
<i>2 Literaturübersicht.....</i>	<i>9</i>
2.1 Lernvermögen bei Tieren.....	9
2.2 Biologie der <i>Parma Känguruhs</i>	11
2.2.1 Systematik und Verbreitung.....	11
2.2.2 Habitus.....	12
2.2.3 Aktivität.....	12
2.2.4 Fortpflanzung.....	13
2.2.5 Ernährung.....	14
<i>3 Material und Methoden.....</i>	<i>15</i>
3.1 Versuchstiere.....	15
3.1.1 Versuchstier I.....	16
3.1.2. Versuchstier II.....	17
3.2 Haltungsbedingungen.....	18
3.2.1 Innenraum.....	18
3.2.2 Außengehege.....	20
3.2.3 Fütterung.....	22
3.3 Testmethode.....	23
3.4 Versuchsanlage.....	25
3.5 Versuchsablauf.....	28
3.6 Dressurversuche zur Ermittlung der Lernkapazität.....	29
3.7 Dressurversuche zur Prüfung der Frage nach der Anzahl der erlernten Muster.....	30
3.8 Dressurversuche zur Prüfung des Generalisationsvermögens.....	31
3.9 Gedächtnistests.....	32
3.10 Optische Anweiser - Musterpaare (MP).....	32
3.10.1 Allgemeine Maße und Charakteristika der Musterpaare zur Ermittlung der Lernkapazität	33
3.10.2 Transposition der Musterpaare zur Ermittlung des Generalisationsvermögens.....	34
3.11 Statistische Auswertung.....	35
3.11.1 Festlegung des Lernkriteriums.....	36
3.11.2 Graphische Auswertung.....	36

4 Ergebnisse.....	38
4.1 Vorversuche.....	38
4.1.1 Stufe I.....	38
4.1.2 Stufe II.....	39
4.1.3 Stufe III.....	39
4.1.4 Stufe IV.....	40
4.1.5 Stufe V.....	40
4.2 Hauptversuche.....	42
4.2.1 Ergebnisse der Einzelaufgabendressur.....	42
4.2.1.1 Allgemeine Verhaltensbeobachtungen bei der Dressurarbeit.....	42
4.2.1.2 Verhalten im Warteraum.....	42
4.2.1.3 Verhalten an der Entscheidungsbarriere.....	43
4.2.1.4 Verhalten im Wahlraum.....	45
4.2.2 Musterpaar 1 A.....	45
4.2.3 Musterpaar 1.....	46
4.2.4 Musterpaar 2.....	47
4.2.5 Musterpaar 3.....	49
4.2.6 Musterpaar 4.....	50
4.2.7 Musterpaar 5.....	51
4.2.8 Musterpaar 6.....	52
4.2.9 Musterpaar 7.....	54
4.2.10 Musterpaar 8.....	55
4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Einzelaufgaben.....	57
4.3.1 Lerngeschwindigkeit.....	57
4.3.1.1 Durchschnittszeit.....	57
4.3.2 Learning - Set - Formation.....	60
4.3.3 Lernstrategie.....	61
4.3.4 Lerngeschwindigkeitsvergleich.....	61
4.4 Ergebnisse der Wiederholungsaufgaben.....	62
4.5 Ergebnisse der Mehrfachaufgaben.....	63
4.5.1 Versuchstier I und II.....	64
4.6 Ergebnisse zur Anzahl der erlernten Muster.....	68
4.6.1 Versuchstier I.....	67
4.6.2 Versuchstier II.....	68
4.6.3 Zusammenfassung und Interpretation.....	69
4.7 Ergebnisse der Generalisationsaufgaben.....	70

4.7.1 Transpositionsaufgabe Kreis/Kreuz.....	72
4.7.2 Transpositionsaufgabe Quadrat/Sechs.....	73
4.7.3 Zusammenfassung, Interpretation und Erörterung des Abstraktionsvermögens.....	75
4.8 <i>Ergebnisse der Gedächtnistests</i>	76
4.8.1 Versuchstier I.....	77
4.8.2 Versuchstier II.....	77
4.8.3 Zusammenfassung und Interpretation.....	78
5 Diskussion	80
6 Zusammenfassung	87
7 Summary	88
8 Literaturverzeichnis	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Angaben zu den Versuchstieren	18
Tabelle 2:	Zusammensetzung von Wildfutter II	22
Tabelle 3:	Übersicht bis zum Erreichen von 30 Wahldurchläufen	41
Tabelle 4:	Übersicht über die Vorversuche	41
Tabelle 5:	Verhältnis von benötigten Durchschnittszeiten pro Musterpaar	58
Tabelle 6:	Durchschnittliche Fehleranzahl und durchschnittliche Versuchsanzahl zur Berechnung des LAI	59
Tabelle 7:	Notwendige Nachdressur in den Wiederholungsaufgaben	63
Tabelle 8:	Fehlerverteilung in den Mehrfachtests bei Versuchstier I (VtI)	65
Tabelle 9:	Fehlerverteilung in den Mehrfachtests bei Versuchstier II (VtII)	66
Tabelle 10:	Erfolgsquoten der einzelnen Musterpaare in den Mehrfachaufgaben (GEQ = Gesamterfolgsquote)	67
Tabelle 11:	Angebotshäufigkeit der Musterpaare im entsprechenden Mehrfachtest	67
Tabelle 12:	Testergebnisse	68
Tabelle 13:	Erfolgsquoten zur Prüfung der Frage nach der Anzahl der erlernten Muster	69
Tabelle 14:	Fehlerverteilung bei der Transpositionsaufgabe Kreis/Kreuz	72
Tabelle 15:	Ergebnisse der Transpositionsversuche mit Quadrat/Sechspunkt	73
Tabelle 16:	Gesamterfolgsquote (GEQ) in % für die einzelnen Generalisationsmusterpaare bei den Versuchstieren	74
Tabelle 17:	Gedächtnistest von Versuchstier I (VtI)	77
Tabelle 18:	Gedächtnistest von Versuchstier II (VtII)	77
Tabelle 19:	Vergleich der Lernkapazitäten von Beuteltieren und plazentalen Säugetieren	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Versuchstier I und Versuchstier II	15
Abbildung 2:	Versuchstier I	16
Abbildung 3:	Versuchstier II	17
Abbildung 4:	Innengehege mit Schiebetür zum Außengehege	19
Abbildung 5:	Außengehege	20
Abbildung 6:	Grundriß von Innengehege, Versuchsraum und Außengehege	21
Abbildung 7:	Draufsicht der Versuchsanlage (Skizze)	25
Abbildung 8:	Frontansicht der Versuchsanlage (Skizze)	26
Abbildung 9:	Seitenansicht der Versuchsanlage (Skizze)	27
Abbildung 10:	Frontansicht der Versuchsanlage	28
Abbildung 11:	Allgemeine Maße und Charakteristika der Musterpaare zur Ermittlung der Lernkapazität	33
Abbildung 12:	Transposition der Musterpaare	34
Abbildung 13:	Serie 1 - 6	35
Abbildung 14:	Beispiel für die graphische Darstellung der Sequenzanalyse	37
Abbildung 15:	Benötigte Zeit (Tage) bis zum Erreichen von 30 Wahldurchläufen	40
Abbildung 16:	Häufig beobachtete Laufspuren der Versuchstiere	44
Abbildung 17:	Musterpaar 1	47
Abbildung 18:	Musterpaar 2	48
Abbildung 19:	Musterpaar 3	49
Abbildung 20:	Musterpaar 4	50
Abbildung 21:	Musterpaar 5	52
Abbildung 22:	Musterpaar 6	53
Abbildung 23:	Musterpaar 7	54
Abbildung 24:	Musterpaar 8	56
Abbildung 25:	Verhältnis von positiven zu negativen Wahlen pro Musterpaar bei Versuchstier I	56
Abbildung 26:	Verhältnis von positiven zu negativen Wahlen pro Musterpaar bei Versuchstier II	57
Abbildung 27:	Lerngeschwindigkeitsvergleich für die Musterpaare 1 - 8	60
Abbildung 28:	Lerngeschwindigkeitsvergleich aller in Heidelberg durchgeführten Arbeiten	78
Abbildung 29:	Ergebnisse der Gedächtnistests	83

1 Einleitung

Die Intelligenzsphäre der Beuteltiere wird oft als weniger entwickelt angesehen im Vergleich zu der plazentaler Säugetiere.

Auch der von Antonius (1933) geprägte Ausdruck „Beuteltierstumpfsinn“ zur Kennzeichnung des vermeintlich weniger entwickelten Marsupialia-verhaltens ist nur verständlich auf Grund des damals verfügbaren, äußerst bescheidenen Beobachtungsmaterials.

Systematische Experimente zur Intelligenz höherer Beuteltiere liegen nur in sehr geringer Anzahl vor. Eine der ersten Arbeiten war die von Heubel (1939) über das Östliche Graue Riesenkänguruh (*Macropus giganteus*). Bereits zu dieser Zeit schien es Heubel fraglich, ob das plazentale Säugetier Reh bei solchen Versuchen wohl besser abgeschnitten hätte.

Bisweilen wird auch die Verdrängung bzw. Ausrottung durch entsprechende Plazentatiere (Osche 1972) als weiteres Argument für die vermeintliche Unterlegenheit der Marsupialia gegenüber den Eutheria angeführt. Andere Autoren wie Moeller (1997) halten jedoch eine Verdrängung z.B. des Beutelwolfes durch Konkurrenzunterlegenheit für wenig wahrscheinlich.

Ein anderes Argument für die vermeintliche Unterlegenheit der Beuteltiere stellt ihr angeblich generell kleineres und geringer entwickeltes Gehirn dar. Eine Studie von Moeller (1978) hat jedoch ergeben, daß für einen Teil der Beuteltiere „ein größeres Gehirn“ (Neopallium) festgestellt wurde bzw. eine Überschneidung im Entwicklungsniveau der Gehirne von Beuteltieren und Plazentaliern auftritt. Auch nach Rowe (1996) sind die Marsupialia im Hinblick auf die gesamte Gehirngröße bzw. die Neocortex-entwicklung nicht unter den plazentalen Säugetieren einzustufen.

Für die Beurteilung der Gehirnleistung gibt es nach Rensch (1965) folgende Parameter: Lernkapazität, Gedächtnisdauer, die Fähigkeit zu abstrahieren und daraus resultierend, einfache kausale und logische Zusammenhänge zu erfassen und eine Handlungsfolge zu planen bzw. auf Grund von Voraussicht zu handeln.

Zahlreiche Untersuchungen zum Lernvermögen von Tieren wurden in erster Linie an plazentalen Säugetieren durchgeführt (z.B. Altevogt 1951, Fehringer 1979, Laube 1980, Rensch und Altevogt 1953, 1954).

Das Interesse an der Erforschung des Lernvermögens von Beuteltieren war lange Zeit gering. Eine Arbeitsgruppe in der Abteilung für Wirbeltiermorphologie am Zoologischen Institut der Universität Heidelberg hatte sich zur Aufgabe gestellt, das visuelle Lernvermögen verschiedener Beuteltierarten mittels einer einheitlichen Methode zu untersuchen.

Um einen Beitrag zur Aufklärung von Lernkapazität, Generalisationsvermögen und Gedächtnisdauer von Beuteltieren - in diesem speziellen Fall des *Parma Känguruhs* - zu leisten, sollen in der vorliegenden Arbeit Lernversuche mit Hilfe der simultanen Zweifachwahl durchgeführt werden.

Ziel der Arbeit ist es dabei, Schlüsse auf die Intelligenzleistung dieser Spezies hinsichtlich ihres visuellen Lernvermögens zu ermöglichen.

Im einzelnen werden folgende Fragen behandelt:

- I. Sind die *Parma Känguruhs* fähig, Muster zu diskriminieren?
- II. Wieviele Diskriminationsaufgaben können die Versuchstiere gleichzeitig beherrschen?
- III. Ist es ihnen möglich, eine Lernstrategie zu entwickeln?
- IV. Sind sie in der Lage, einmal Erlerntes zu abstrahieren?
- V. Wie hoch ist ihre Gedächtnisleistung?

2 Literaturübersicht

2.1 Lernvermögen bei Tieren

Zum Lernvermögen von Tieren wurden zahlreiche Untersuchungen durchgeführt, wie beispielsweise Studien an Zahnkarpfen (Rensch 1953), Goldfischen (Dücker und Stascheit-Langner 1983), Forellen (Saxena 1960), Hühnerrassen (Altevogt 1951), Dohlen (Friede 1972), Igel (Herter 1931, Schäfer 1980), Hausratte und Hausmaus (Boxberger 1953), Laborratten (Schmidt 1979, Winocur 1984, Zornetzer 1982), Schleichkatzen (Rensch und Dücker 1959), Waschbären (Löhmer 1975), Elefanten (Rensch und Altevogt 1953, 1955), Schweinen (Reiher 1969, Rudolph und Rudolph 1971, Wesley und Klopfer 1962), Zwergziegen (Fehringer 1979), Hausrind (Laube 1980), Pferden (Fiske und Potter 1979, Grzimek 1949), Tupaias (Tigges 1964).

Durch die von Rensch (1953) entwickelte Methode der simultanen Zweifachwahl konnten visuelle Lernkapazität, Generalisation und Gedächtnisleistung verschiedener Tierarten verglichen werden. Rensch (1947) hatte bereits früh erkannt, daß die Vergleichbarkeit der Ergebnisse nicht gewährleistet war, da bei den bis dahin durchgeführten Versuchen unterschiedliche Testapparaturen und Verfahrensweisen zur Anwendung gekommen waren.

Demzufolge setzte er 1950 den Grundstein für eine einheitliche Untersuchungsmethode, der simultanen Zweifachwahl. Dabei wurde die Hypothese zugrunde gelegt, daß Tierarten und -rassen mit kleinerem Gehirn ein geringeres Lernvermögen besitzen als solche mit einem absolut größeren Gehirn.

Studien an Hühnerrassen (Altevogt 1951), Ratten und Mäusen (Boxberger 1952) belegten, daß sich größere Tierarten durch eine höhere Lernkapazität und längere Gedächtnisdauer auszeichnen als kleinere Tierarten.

Inzwischen hat sich herauskristallisiert, daß die absolute Gehirngröße, also die Anzahl der dendritischen Verzweigungen und Neuronen, einen höheren Stellenwert im Hinblick auf Lernleistungen besitzt als die stammesgeschichtliche Entwicklungsstufe.

Am Zoologischen Institut der Universität Heidelberg befaßt(e) sich eine Arbeitsgruppe der Abteilung Wirbeltierrmorphologie mit der Erfassung des visuellen Lernvermögens verschiedener Beuteltierarten und einiger plazen-

taler Spezies mittels einer einheitlichen Methode. So liegen Ergebnisse vor für zwei Baumkänguruh-Arten (Kersch 1982), Kowari (Ruthard 1982), Fuchskusu (Fritsch 1983), Nordopossum (Major 1984), Zentralamerikanisches Opossum (Major 1987) Nackt- und Haarnasenwombat (Michael 1987), Kurzkopfgleitflugbeutler (Achauer 1988) und Rotes Rattenkänguruh (Klamroth 1990).

Die wichtigsten Parameter (Rensch 1965) für die Beurteilung der Gehirnleistung sind Gedächtnisdauer, Lernkapazität und Abstraktionsvermögen; das bedeutet, auf diesen Faktoren basierend, die Fähigkeit, Zusammenhänge zu erfassen und vorausschauend Handlungsfolgen zu planen.

Wesentliche Kriterien für die Behaltens- oder Gedächtnisdauer sind nach Rensch (1973) die Höhe der Organisationsstufe, der Komplikationsgrad der beanspruchten sinnes- und hirnpfysiologischen Leistungen, die Intensität, die Reizhäufigkeit, die „Lust“ sowie die Bedeutung, die Erlerntes für die jeweiligen Lebensumstände erlangt und andere, auf das Gehirn einwirkende Einflüsse.

Positiv auf die Lernleistung wirken sich sowohl Lernpausen aus (Dücker et al. 1974) als auch die Vermeidung unmittelbarer Übungswiederholungen (Dücker et al. 1979).

Die Lernfähigkeit der Parma Känguruhs oder Parma Wallabys, die nach Moeller (1973) auf Grund ihres Hirngewichtes und des Neencephalisationsgrades als hoch evoluerter Familienzweig innerhalb der Marsupialia gelten, ist weitgehend unerforscht.

2.2 Biologie der *Parma Känguruhs*

2.2.1 Systematik und Verbreitung

Das *Parma Känguruh* wurde im Jahre 1843 in Illawarra, einem Bezirk in New South Wales (Australien), von John Gould unter dem Namen *Halmaturus parma* beschrieben. Im Jahre 1840 schrieb Gould einen Brief an Gilbert, in dem er ihm mitteilte, daß er drei Wallaby-Spezies in der Gegend um Illawarra gesichtet hatte: *Wallabia bicolor*, *Thylogale thetis* und eine nah verwandte Spezies, die von den Eingeborenen als *Parma* bezeichnet wurde. Im Jahre 1957 fand Ride (1970) nur noch 12 Exemplare in Museen verteilt und er berichtete, daß diese Spezies ausgerottet sei.

Im Jahre 1967 wurden jedoch in der Nähe von Gasford (New South Wales) einige kleine Populationen wiederentdeckt (siehe unten).

Systematik (Strahan 1995):

Klasse:	Mammalia
Unterklasse:	Marsupialia
Ordnung:	Phalangeria
Überfamilie:	Macropodoidea
Familie:	Macropodidae
Gattung:	<i>Macropus</i>
Art:	<i>Macropus parma</i> Waterhouse, 1845



2.2.2 Habitus

Die Größe der Macropodidae variiert zwischen Ratten- und Menschengröße bei meist aufrechter Körperhaltung. Der Kopf ist schlank und langschnauzig, die Ohren sind gewöhnlich von langovaler Gestalt. *Macropus parma* zählt zu den kleinsten Vertretern seiner Gattung. Das kurze, weiche Haarkleid ist von dunkelbrauner Farbe, bis auf den Brust-Kehlbereich und einen schmalen Wangenstreifen, die eine weißliche Färbung aufweisen.

Die Körperlänge (48,2cm - 52,8cm) entspricht der Schwanzlänge. Der Schwanz verjüngt sich zur Spitze hin gleichmäßig und dient beim Sitzen und Hoppeln als Stütze. Die Scheitelhöhe beträgt 40cm, das Gewicht liegt bei den weiblichen Tieren bei 3,2kg - 4,8kg und bei den männlichen Tieren bei 4,1kg - 5,9kg.

Die schwächtigen Vorderfüße weisen fünf gleichlange Zehen auf und sind mit kräftigen Krallen bewaffnet. Den stark verlängerten Hinterfüße fehlt die erste Zehe, die zweite und dritte Zehe sind von einer gemeinsamen Haut umgeben (Putzpfötchen). Die vierte Zehe ist lang und endet mit einem großen Nagel, die fünfte Zehe ist hingegen wieder etwas kleiner.

Die oberen Schneidezähne (Incisivi) sind groß und kräftig, insbesondere die Mittleren. Im Unterkiefer sind nur die mittleren Schneidezähne (Incisivi I) vorhanden.

Die Zahnformel lautet:
$$\frac{3 \ 1 \ 2 \ 4}{1 \ 0 \ 2 \ 4}$$

2.2.3 Aktivität

Southwell (1981) ermittelte, daß 87% der nächtlichen und 50% der täglichen Aktivität aus Fressen bestehen. Über 78% der Futteraktivität findet ungefähr eine Stunde vor Sonnenaufgang statt (Priddel 1986, Short 1987), zwei bis vier Stunden nach Sonnenuntergang erfolgt eine Ruhepause (Southwell 1981).

Nach Sonnenaufgang widmen sich die Tiere verschiedenen Aktivitäten, wie z.B. Auto-Grooming („sich putzen“) und sozialen Interaktionen. Southwell (1981) beobachtete darüber hinaus, daß Witterungseinflüsse wie Regen die Aktivitätsmuster verändern. Auch Grand (1974) beschrieb den Einfluß des Wetters auf die Aktivität der *Parma* Känguruhs, wonach

sich die Ruhephase auf die wärmsten Tagesstunden erstreckt, welche die Tiere im Winter in der Sonne und im Sommer im Schatten verbringen. Dieses Verhalten konnte die Versuchsleiterin an den beiden untersuchten *Parma Känguruhs* ebenfalls beobachten. Bei großer Hitze oder wenn die Tiere aufgeregt sind, belecken sie ebenso wie andere Känguruh-Arten eifrig ihre Unterarme, da die Verdunstungskälte des Speichels den Körper abkühlt.

Die Tiere haben meist feste Ruheplätze im Dickicht und Unterholz der Wälder sowie zwischen langen Gräsern, Farnen und Büschen. Diese werden jedoch nicht gegen Artgenossen verteidigt.

Kleine Familiengruppen schließen sich zum Ruhen und Fressen zu Mobs (Kirkpatrick 1966) von etwa 20 Tieren zusammen (Maynes 1973).

Der bevorzugte Lebensraum der *Parma Wallabys* sind feuchte Wälder, in denen sie sich auch den Tag über aufhalten und erst in der Dämmerung zum Grasen herauskommen. Ihre Feinde sind Dingo und Mensch.

2.2.4 Fortpflanzung

Nach Berichten von Maynes (1973) werden die weiblichen Tiere im Alter von 11 - 16 Monaten und die männlichen Tiere im Alter von 22 Monaten geschlechtsreif. Die weiblichen Tiere sind polyoestrisch mit einer Oestruslänge von 36 - 59 Tagen, wobei der eigentliche Oestrus nur ein bis zwei Tage andauert. Die Gestationsperiode beträgt 33 - 36 Tage. Die nun folgende Beutelzeit beträgt beim *Parma Wallaby* 212 Tage.

Am siebten Tag der Gestation beginnt sich die Tasche zu vergrößern und eine rötliche Farbe anzunehmen. Bei *Macropus parma* wurde während der Beutelzeit kein Oestrus beobachtet, wie er zum Beispiel bei *Wallaby bicolor* und *Macropus dorsalis* vorkommt.

Der Kopf der Jungen zeigt sich am Taschenrand ab dem 65. - 146. Tag; die Tasche wird zwischen dem 160. und 165. Tag zum ersten Mal verlassen. Im Alter von 207 - 218 Tagen bleiben die Jungen für längere Zeit außerhalb des Beutels, wobei sie von dort aus weitere zwei bis drei Monate Milch trinken.

Die meisten weiblichen Tiere kamen 12 - 24 Tage, nach dem das Jungtier den Beutel auf Dauer verlassen hatte, in den Oestrus. Die Jungen werden in der Zeit von Februar bis Juni geboren. Vornehmlich in älterer Literatur finden sich unterschiedliche Angaben über die Art und Weise, wie das Neugeborene in den Beutel der Mutter gelangt. Frühe Beobachtungen finden sich bei Hediger (1931). Er vertrat die Ansicht, daß das Junge von der

Mutter mit den Pfoten oder Lippen in den Beutel befördert wird. Nach Dahte (1934) leckt das weibliche Tier eine Spur von der Geburtsöffnung bis zum Beutel, an der dann das Junge entlang kriecht. Ausführliche Beobachtungen gelangen Sharman (1964). Demnach belecken die Muttertiere sitzend, mit dem Schwanz nach vorne die Urogenitalöffnung. Nie wurde jedoch, wie bei Hediger (1931) und Dahte (1934) beschrieben, das Lecken einer Spur beobachtet. Die Neugeborenen beginnen sofort mit Hilfe der Vordergliedmaßen am Bauch der Mutter nach oben in den Beutel zu klettern.

2.2.5 Ernährung

Nach Southwell (1981) besteht die aufgenommene Nahrung überwiegend aus Gräsern und Kräutern. Am liebsten fressen die Tiere junge Blätter und Triebe. Southwell (1981) stellte bei seinen Untersuchungen eine Präferenz für zwei Gräser mit besonders hohem Proteinanteil fest. Im Sommer dominiert *Themeda australis* mit 59% als Futterpflanze, im Winter hingegen machte die gleiche Art nur 3% der Nahrung aus. Dann wird *Holcus lanatus* mit 19% am häufigsten aufgenommen. Nach Kirkpatrick (1965) wird hingegen nicht selektiv geäst. Er beobachtete, daß sie auch sehr gerne Feldfrüchte und Gemüse fressen. Ihre Verdauung ähnelt dabei der von Schafen. Bei den *Parma* Känguruhs ist aber eine Teilung des Magens nur schwach angedeutet. Die Bakterien des Känguruhmagens stimmen mit den Pansenbakterien des Schafes überein.

Normalerweise wird die Nahrung zuerst mit dem Maul, mit Hilfe von Lippen und *Insicivi*, aufgenommen (Moeller 1974). So wird beispielsweise Gras abgezupft, wobei immer ein bis zwei Kauschläge zwischen dem Abzupfen zu beobachten sind. Blätter und Nahrungsstücke werden aus dem Futtertrog zuerst mit dem Maul aufgenommen; größere Futterstücke greifen die Känguruhs sofort mit einer Hand und beißen davon ab.

Das Hochwürgen der Nahrung ist Teil eines wiederkäuerähnlichen Verhaltens bei *Macropodiden*. Die Unterschiede zum Wiederkauen der *Ruminantia* liegen nach Schürer (1980) und Moeller (1974) vor allem in der Frequenz des Auftretens, der Gesamtdauer, der Dauer von Hochwürgen und Kauvorgang, den Bewegungen beim Hochwürgen und in der Art des erstmaligen Kauens der Nahrung. Schürer (1980) bezeichnet den ersten Abschnitt als Kontraktionsphase, den letzten Abschnitt als Kauphase. Von ihm wie auch von der Versuchsleiterin wurden 8 - 17 Kontraktionen pro Vorgang beobachtet.

3 Material und Methoden

3.1 Versuchstiere

Dankenswerterweise stellte der Dortmunder Zoo die beiden Tiere für die wissenschaftlichen Studien der vorliegenden Arbeit zur Verfügung. Parma Känguruhs wurden im Dortmunder Zoo in größerer Anzahl gehalten.

Am 1.06.1990 holte die Versuchsleiterin die Tiere aus dem Dortmunder Zoo an das Zoologische Institut der Universität Heidelberg. Die beiden Versuchstiere (siehe Abb. 1) hatten nie zuvor an Versuchen teilgenommen, waren also „versuchsnäiv“.

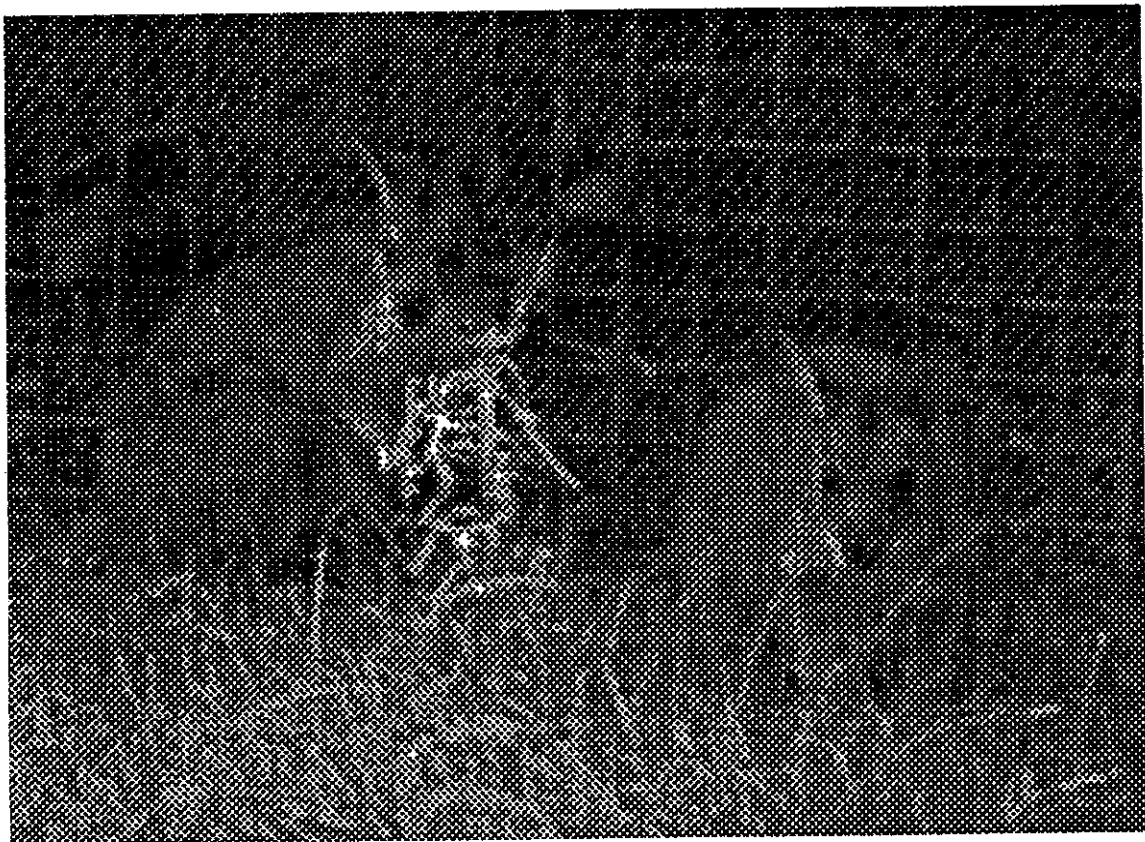


Abb. 1: Versuchstier I und Versuchstier II

3.1.1 Versuchstier I (VtI)

Bei Versuchstier I (siehe Abb. 2) handelt es sich um ein männliches Parma Känguruh, das am 30.11.1988 im Dortmunder Zoo geboren wurde. Es besaß eine Tätowierung in Form eines Kreises auf der rechten Seite des Schwanzansatzes.

Seit dem ersten Tag seiner Ankunft schien es zwar neugierig aber scheu zu sein und Angst vor seiner neuen, ungewohnten Umgebung zu haben. Seine Neugierde wirkte sich jedoch stark fördernd auf die Erkundung der Versuchsanlage (VA) sowie auf seine Motivation während der Versuche aus.

Im Vergleich zu Versuchstier II verlor es seine Scheu viel früher und nahm schon nach recht kurzer Zeit Futter aus der Hand der Versuchsleiterin. Nach einigen Monaten ließ es sich sogar mit der Hand über den Rücken streichen. Es wurden keine aggressiven Verhaltensweisen gegenüber seinem Artgenossen und seiner Umwelt festgestellt. Motivation und Zutraulichkeit waren im Verlauf des langen Dressurzeitraumes stark ausgeprägt.

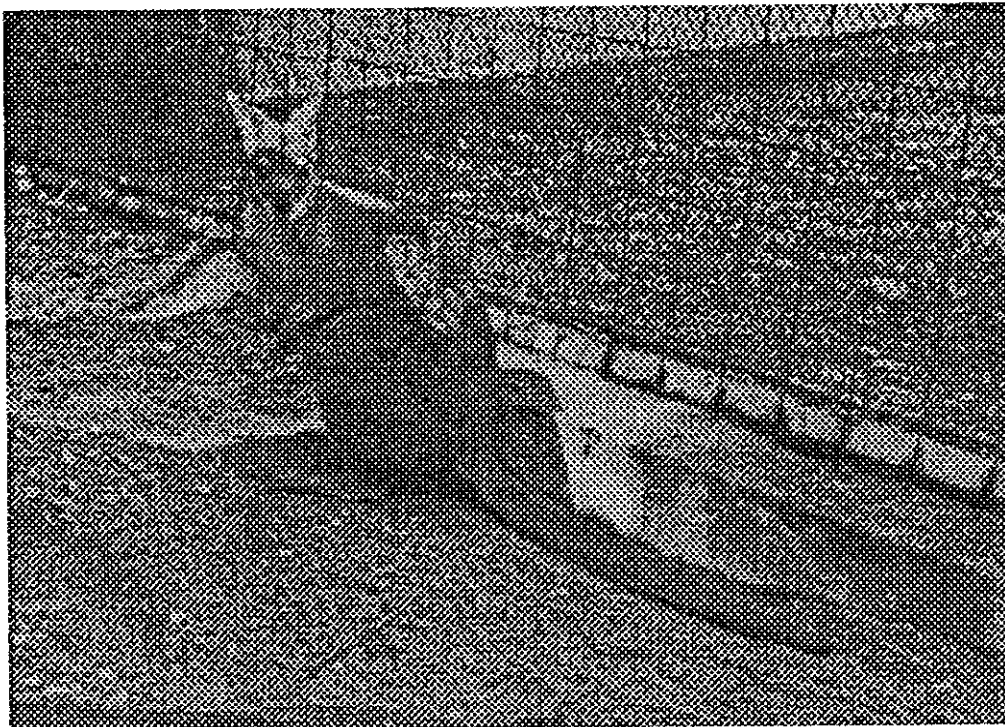


Abb. 2: Versuchstier I

3.1.2 Versuchstier II

Versuchstier II (siehe Abb. 3) war ein Halbbruder von Versuchstier I (derselbe Vater). Er wurde am 03.03.1989 ebenfalls im Dortmunder Zoo geboren (siehe Tab. 1). Seine Tätowierung in Form eines Kreises befand sich an der rechten Seite der Schwanzspitze.

Das Tier war sehr scheu, daher erforderten die Gewöhnung an Versuchsleiterin und Versuchsanlage einen großen Zeitaufwand. Es besaß ebenfalls ein sehr stark ausgeprägtes Neugierverhalten, wodurch es intensiv bei den Versuchen mitarbeitete, nachdem es Vertrauen zur Versuchsleiterin gewonnen hatte.

In der Rangordnung schien es über Versuchstier I zu stehen, da es dieses bei freier Fütterung stets vom Futternapf vertrieb. Es wurde bis zum Schluß nicht so zutraulich, daß man es streicheln konnte.

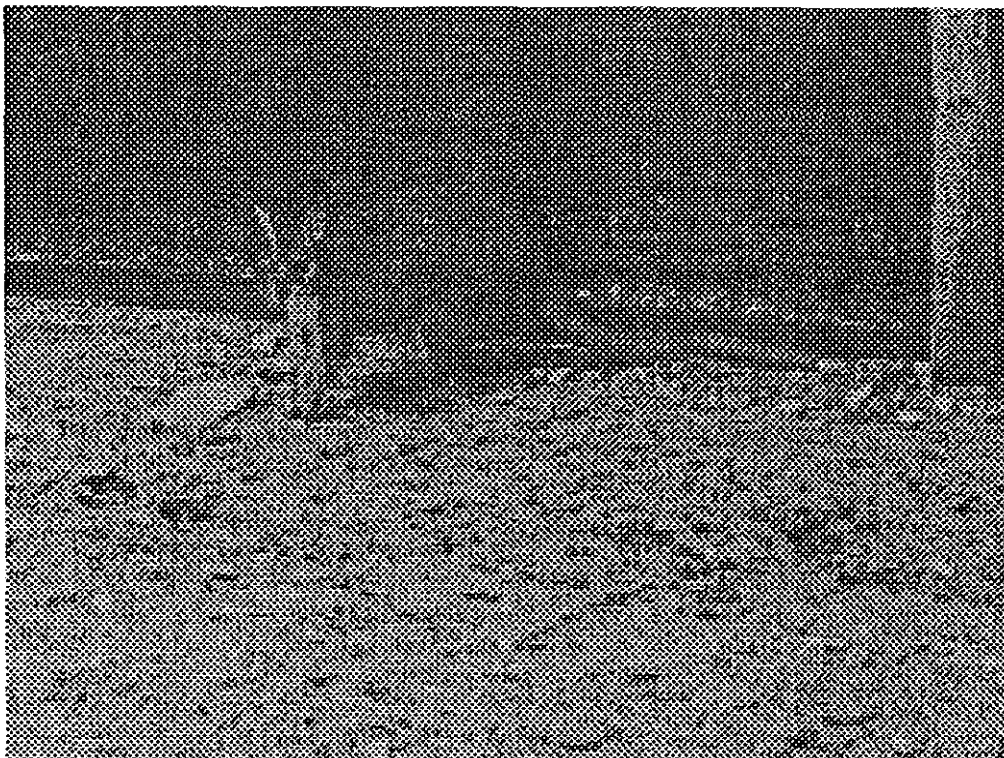


Abb. 3: Versuchstier II

Tabelle 1: Angaben zu den Versuchstieren

	Versuchstier I	Versuchstier II
Art	Parma Wallaby	Parma Wallaby
Geschlecht	männlich	männlich
Geburtsdatum	30.11.1988	3.3.1989
Gewicht	4,5 kg	4,7 kg
Herkunft	Zoo Dortmund	Zoo Dortmund
Kennzeichnung	Schwanz rechts, oberes Drittel tätowiert	Schwanz rechts, unteres Drittel tätowiert
Allgemeine Bemerkungen	gutmütig, ruhig, neugierig	ängstlich, scheu, neugierig, gute Konzentration
Vorversuche	1.6.-7.11.1990	1.6.-19.11.1990
Hauptversuche	7.11.1990-5.01.1992	19.11.1990-5.01.1992
Belohnung	Haferflocken Zwieback Banane	Haferflocken Zwieback Banane

3.2 *Haltungsbedingungen*

3.2.1 Innenraum

Die beiden Parma Känguruhs wurden im Tierhaus des Zoologischen Instituts der Universität Heidelberg untergebracht. Zur Verfügung stand ein beheizbarer Innenraum von der Größe 4,45m x 3,30m. Dieser war unterteilt in einen Versuchsraum (VR, siehe Abb. 6) und ein Innengehege (IG, siehe Abb. 6), in dem sich die Versuchstiere aufhielten. Letzteres besaß sowohl eine Schiebetür als auch eine Verbindungstür zum Außengehege (siehe Abb. 4).

Die Temperatur des Innenraumes betrug im Durchschnitt 22°C, wurde jedoch bei offener Schiebetür durch die Außentemperatur beeinflusst. Die relative Luftfeuchtigkeit lag im Mittel bei 50-55%.

Das Innengehege hatte eine Grundfläche von 2,45m x 3,30m aus, seine Außenfront besaß große Doppelfenster, so daß gute Lichtverhältnisse vorherrschten. Die aus einem Maschendraht bestehende Trennwand zum Versuchsraum hin (siehe Abb. 6), wies sowohl eine Zugangstür als auch eine Öffnung von 0,9m x 0,6m auf. Daran wurde die Versuchsanlage (VA, siehe Abb. 6) angebracht, außerhalb der Versuchszeiten war diese Öffnung jedoch mittels eines Holzschiebers verschlossen.

Das Innengehege war stets mit ausreichend frischem Stroh ausgelegt. Ein Tierpfleger sorgte für den sauberen Zustand von Innen- und Außengehege (siehe Kap. 3.2.2) sowie für tägliche Versorgung mit frischem Wasser.



Abb. 4: Innengehege mit Schiebetür zum Außengehege

3.2.2 Außengehege

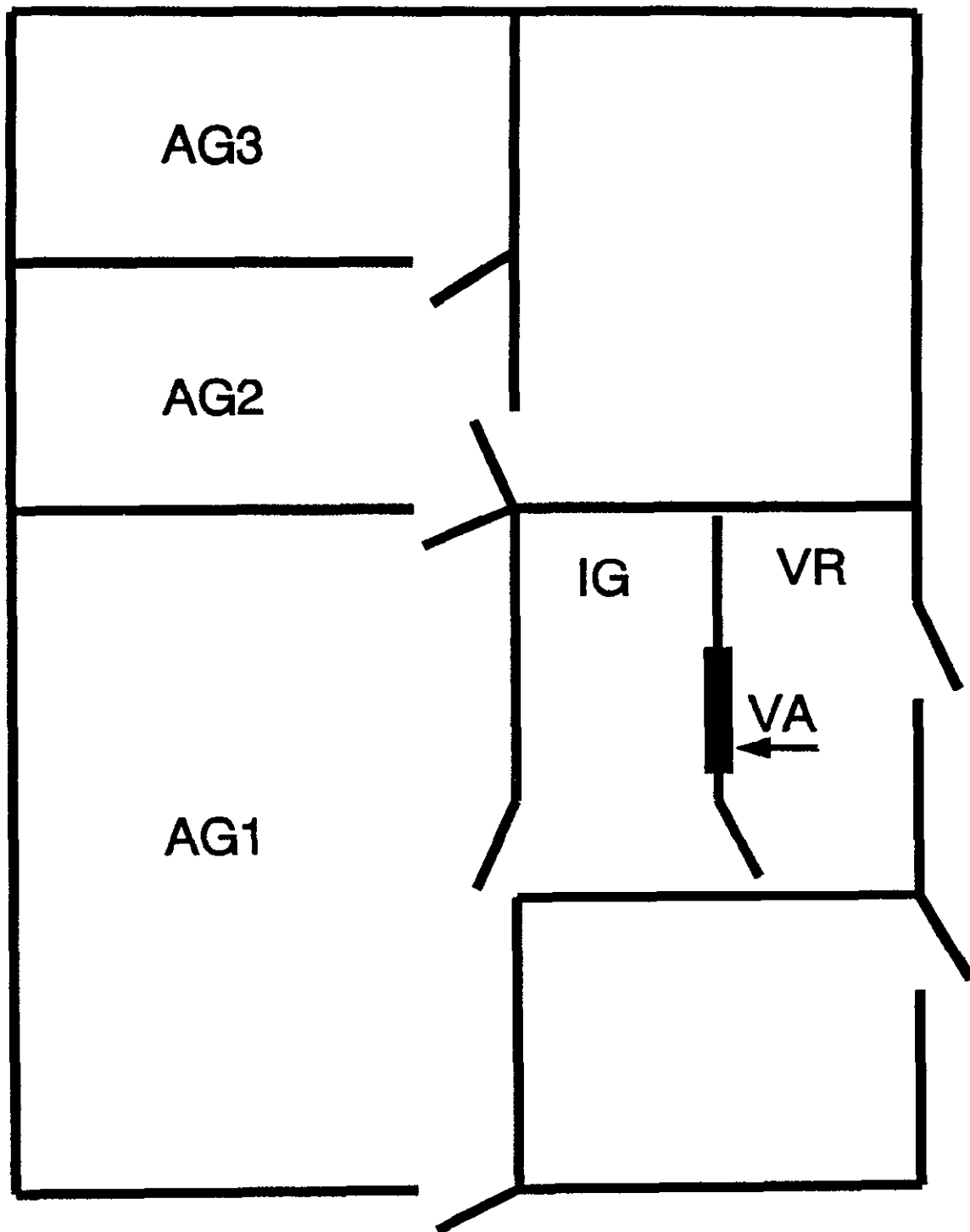
Den Versuchstieren stand bei fast jeder Temperatur sowie am Tage und bei Nacht die Möglichkeit offen, das Außengehege (siehe Abb. 5) aufzusuchen. Bei Minusgraden (-5°C), bei Regen und während der Versuchszeiten wurde der Zutritt durch Verschließen der Schiebetür unterbunden.

Das Außengehege (AG, siehe Abb. 6) war in ein größeres (AG1, siehe Abb. 6) und zwei kleinere Gehege (AG2 und AG3) unterteilt. Dies hatte den Vorteil, daß den Tieren ausreichend frisches Grün zur Verfügung stand, da ein Gehege jeweils während der Wachstumsphase des Grases nicht beweidet wurde.

Die Größe des Außengeheges betrug $14\text{m} \times 6,7\text{m}$, die Höhe des Zaunes maß $2,7\text{m}$ (Maschendraht $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ Maschenweite). Der Zaun war 10cm in den Erdboden eingelassen.



Abb. 5: Außengehege



IG = Innengehege
AG = Außengehege
VR = Versuchsraum
VA = Versuchsanlage

Abb. 6: Grundriß von Innengehege, Versuchsraum und Außengehege

3.2.3 Fütterung

Bei der Fütterung der Versuchstiere wurde sowohl auf einen abwechslungsreichen Speiseplan als auch auf ein ausgeglichenes Verhältnis von Kraftfutter und Balaststoffen gegenüber Saftfutter geachtet.

Ziel war es, die Tiere nicht zu hungrig, aber auch nicht zu satt zu halten. So wurden die beiden Versuchstiere nach den Lernversuchen wie folgt gefüttert:

Zwei große Karotten

Ein Apfel

Eine Banane (oder eine Birne, Beeren und Mirabellen)

200g Haferflocken (siehe Tab. 2)

200g Pellets Wildfutter II (siehe Tab. 2)

50g Weizen

50g Mais

Etwas Brot oder Zwieback

Tab. 2: Zusammensetzung von Haferflocken und Wildfutter II

	Inhaltsstoffe	Zusätze je kg	Zusammensetzung
Wildfutter II (Mischfuttermittel für Rot- und Rehwild); Raiffeisen-Kraftfutterwerk Stuttg.	Rohprotein 18,2%	Vit. A 10.000 IE	Sesamkuchen
	Rohfett 3,5%	Vit. D3 1.500 IE	Grünmehl
	Rohfaser 47,0%	Vit. E 15mg	Haferschälkleie
	Rohasche 12.5%		Sonnenblumenextrakt
	711/P		Extraktschrot
			Weizen
			Melasseschnitzel
			Weizennachmehl
			Malzkeime
			Dicalciumphosphat
Haferflocken Gehritz Haferflockenfabrik, Würzburg-Neuer Hafen	Stärke 55%		Natriumchlorid
	Rohfaser 3%		Wirkstoffvormischg.
	Wasser 14%		Pflanzenfett

Je nach Saison gab es Heu oder Grünfutter (Luzerne, Maiskolbenblätter, Gras, Weizenkeimlinge sowie gelegentlich einen jungen Maiskolben). Die wichtigsten Inhaltsstoffe waren im Wildfutter II (siehe Tab. 2) enthalten. Die Futterpräferenz der Tiere lag eindeutig bei Bananen, Weizenkeimlingen und jungen Maiskolben, dem folgten frisches Gras und Haferflocken. Auswahlkriterium für die Belohnung der Parma Känguruhs war wie bei den Wombats (Michael 1987) die jeweilige Vorliebe für ein bestimmtes Futter. Im Falle der hier vorgestellten Versuchstiere waren es Haferflocken und Banane. Die Belohnungsfutterportionen bestanden aus 2mm-dünnen Bananenscheiben in Kombination mit fünf bis acht einzelnen Haferflocken pro Wahllauf. Bei ausschließlicher Verwendung von Bananenscheiben trat das Sättigungsgefühl wohl zu früh ein, so daß die Tiere schon nach der Hälfte eines Tagespensums nicht mehr ausreichend zu motivieren waren.

3.3 Testmethode

Um einen Leistungsvergleich mit Ergebnissen ähnlicher Arbeiten zu gewährleisten, wurde in der vorliegenden Arbeit auf den methodischen Ansatz der in Heidelberg durchgeführten Arbeiten (Achauer 1988, Fritsch 1983, Kersch 1977, Klamroth 1990, Major 1984, Major 1987, Michael 1987, Ruthard 1982) zurückgegriffen. Dieser methodische Ansatz stellt eine modifizierte Version des in den Fünfziger Jahren von Rensch und seinen Schülern entwickelten Versuchsablaufes dar (z.B. Altevogt 1951, Boxberger 1952, Dücker 1959, Giebel 1958, Neumann 1961).

Der Testmethode lag das Prinzip der straffreien, simultanen Zweifachwahl zugrunde, wobei sich die Versuchstiere zwischen zwei visuellen Mustern entscheiden mußten. Die Muster waren ausgewählte schwarze Zeichen unterschiedlicher Ausprägung auf weißem Hintergrund. Die Versuchstiere hatten jeweils zwischen dem als positiv und negativ festgelegten Muster zu wählen. Bei richtiger Wahl, d.h. der Wahl des positiven Musters, erhielten sie nach Öffnen der entsprechenden Klappe (siehe Kap. 3.4) eine Belohnung, die mit dem negativen Muster versehene Klappe ließ sich nicht öffnen, es erfolgte keine Belohnung. Um eine olfaktorische und akustische Orientierung seitens der Versuchstiere auszuschließen, lag jedoch vor beiden Klappen dasselbe Belohnungsfutter (siehe Kap. 3.2.3).

Von entscheidender Bedeutung war es, die Motivation der Tiere auf einem möglichst hohen Niveau zu halten. Hierzu diente als „Verstärker“ die Belohnung. Schon das Nicht-öffnen-können der Wahlklappe war für das Versuchstier eine „Bestrafung“.

Nach Buchholz (1973) ist die Handlungsbereitschaft der entscheidende Motor für den Lerneffekt aller Lernformen. Die den Ergebnissen dieser Arbeit zugrunde liegende Lernform war das operante Lernen (operant conditioning) (McFarland 1989, Nachtigall 1984, Tembrock 1992), da sich das Verhalten als Tätigkeit (operation) so auf die Umwelt auswirkte, daß sich eine Belohnung anschloß.

Die Belohnung bekräftigt (verstärkt) damit die Verknüpfung zwischen Verhaltenselement und Antriebsminderung bzw. Bedürfnisbefriedigung. Die Bekräftigung durch Belohnung (reinforcement) steigert Lerngeschwindigkeit, Lernbereitschaft und Lernleistung.

Von entscheidender Bedeutung war es, herauszufinden, bei welchem Körpergewicht die Versuchstiere gehalten werden mußten, damit sie nicht zu träge wurden. Um eine erhöhte Handlungsbereitschaft zu erzielen, ist die Anwendung des Futterentzuges weitverbreitet (z.B. Schroeder 1994, Van Hof 1966). Die Gefahr besteht jedoch darin, daß die Tiere ungeduldig werden und unüberlegt wählen. Dieses Phänomen war in den Vorversuchen (siehe Kap. 4.1) zu beobachten.

Die Versuchszeit wurde von der Versuchsleiterin auf den Vormittag gelegt, da es sich bei den Parma Känguruhs um tagaktive Tiere handelte.

Akustische Hilfsmittel, wie Pfeifen, Schnalzen und Rufen, wurden nur in den Vorversuchen angewandt, um die Versuchstiere zum Verlassen der Versuchsanlage zu veranlassen oder die Tiere aus dem Außengehege in den Innenraum zu locken.

Sie lernten bald, daß es aus der Hand der Versuchsleiterin eine Belohnung gab. Ungewohnte Störungen am Tag (Arbeiten am Dach des Institutes, Studenten oder Schulklassen) hatten ebenfalls einen starken Einfluß auf die Motivation der Tiere; sie waren an einigen Tagen nicht bereit, an den Versuchen teilzunehmen. Auch durfte die Versuchsanlage erst nach Durchführung gesäubert werden.

Die Voraussetzungen für einen erfolgreichen Versuchsablauf waren folgende:

Keine Störungen
Gute Tagesverfassung
Gewisser Hungerzustand

3.4 Versuchsanlage (VA)

Die Versuchsanlage wurde in Anlehnung an Kersch (1977) gewählt. Beim Aufbau der Anlage wurden Kriterien Körperhaltung, Größe der Tiere, Gesichtsfeld sowie Art der Nahrungsaufnahme Rechnung getragen. Die Versuchsanlage hatte daher die Abmessungen 0,9m x 0,4m x 0,55m. Sie war aus Pressholz gefertigt und hatte im Innenraum ihren festen Standort (siehe Abb. 6); sie war mit Metallhaken befestigt. Die Durchführung der Versuche erfolgte direkt vom Innengehege aus.

Der Wahlraum (W, siehe Abb. 7) war mittels einer Trennwand in zwei gleich große Räume (W1 und W2, siehe Abb. 7) unterteilt. Der Zugang zu diesen Wahlräumen konnte mit Hilfe eines roten Plastikschiebers (S1, siehe Abb. 9) und eines durchsichtigen Plexiglasschiebers (S2, siehe Abb. 9) verschlossen werden. Beide Schieber wurden über einen Seilzug bewegt. Der Abstand zwischen Plexiglasschieber und den mit Mustern bestückten Wahlklappen betrug 0,4m. Diese Distanz war der Entscheidungsabstand (d, siehe Abb. 9).

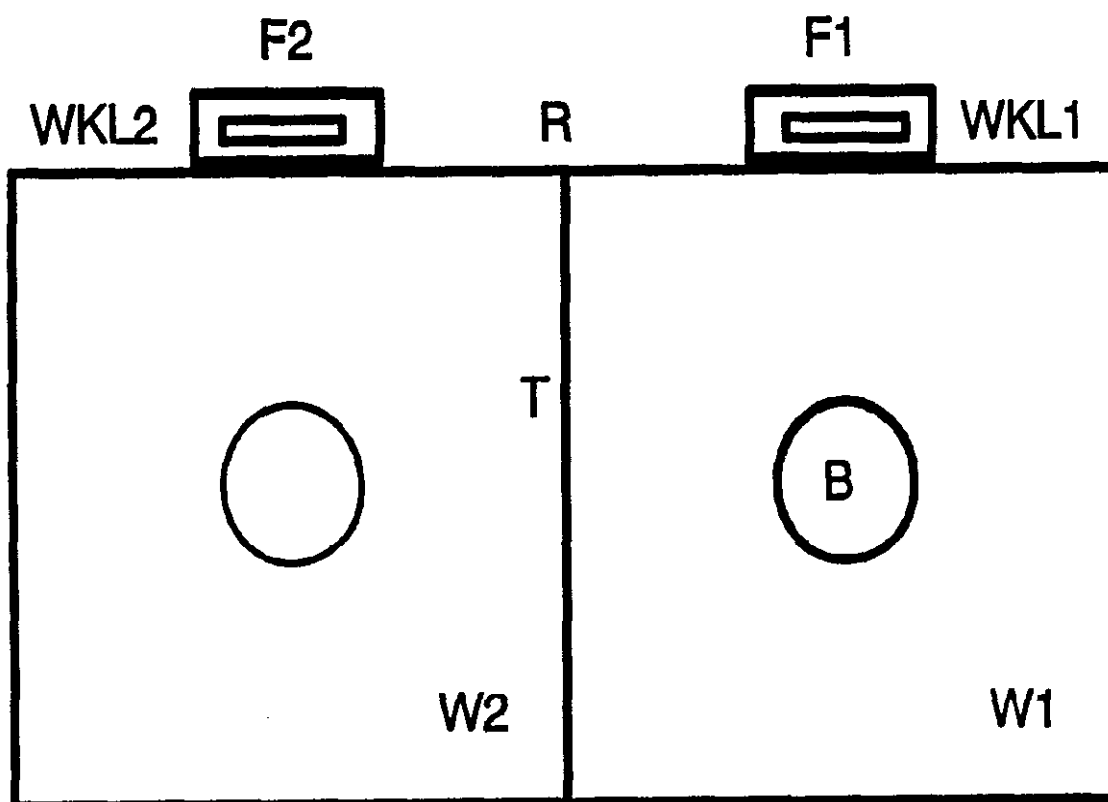


Abb. 7: Draufsicht der Versuchsanlage (Skizze)

Die Oberseite des Wahlraumes hatte Sichtlöcher von 0,06m Durchmesser (B, siehe Abb. 7), durch die es möglich war, das Wahlverhalten der Tiere zu beobachten.

Die Vorderseite der Versuchsanlage (siehe Abb. 10) besaß zwei je 0,2m x 0,18m große Öffnungen, die mit Plexiglasabdeckungen (PLA, siehe Abb. 8) versehen waren, welche die Tiere mit der Schnauze öffnen konnten. An die Plexiglasabdeckungen wurden die Mustertafeln angebracht (Wahlklappen, WKL, siehe Abb. 7, Abb. 8, Abb. 9).

Die Wahlklappen konnten mittels eines Schiebers von außen verriegelt werden. Vor den Wahlklappen befanden sich Vertiefungen von 0,1m x 0,18m Größe zur Aufnahme des Belohnungsfutters.

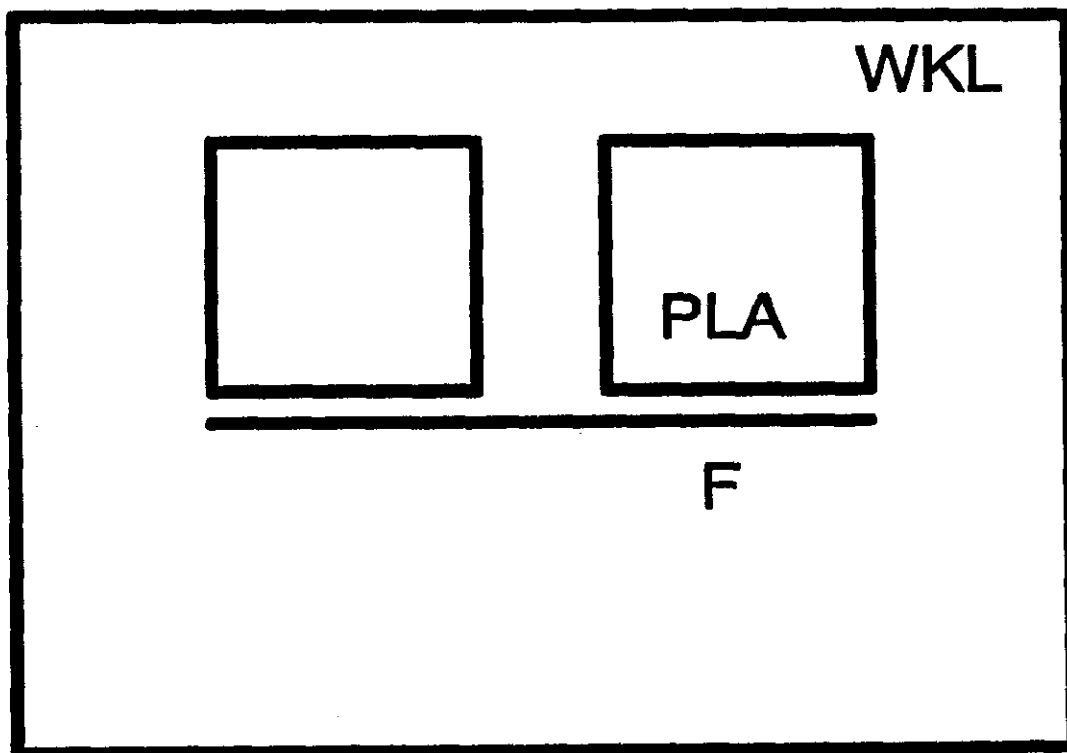


Abb. 8: Frontsicht der Versuchsanlage

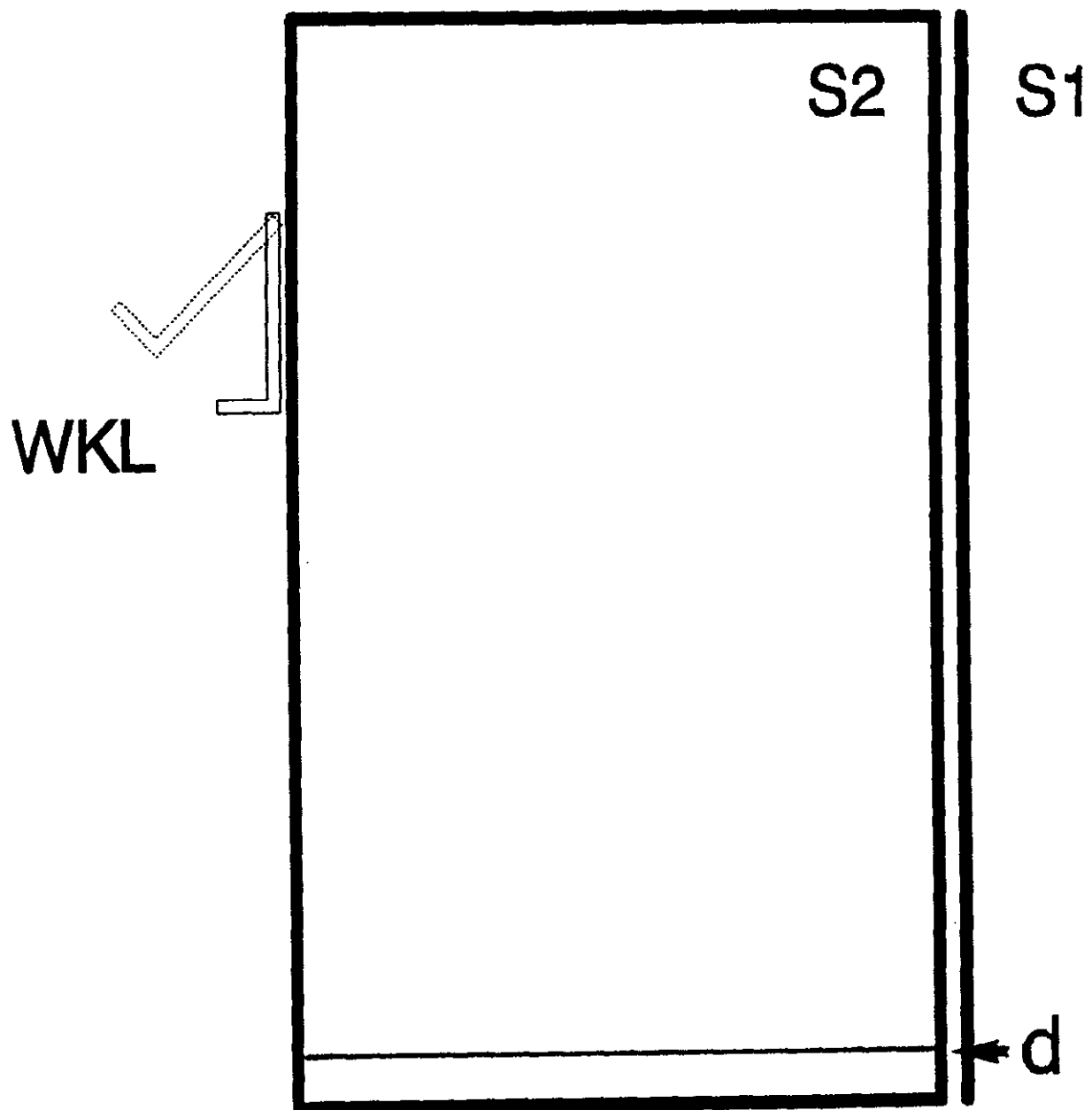


Abb. 9: Seitenansicht der Versuchsanlage

PLA	=	Plexiglasabdeckung
B	=	Beobachtungslöcher
W	=	Wahlraum
F	=	Futterschale
T	=	Trennwand
R	=	Riegel
WKL	=	Wahlklappe
S1	=	roter Plexiglasschieber
S2	=	Plexiglasschieber
d	=	Entscheidungsabstand

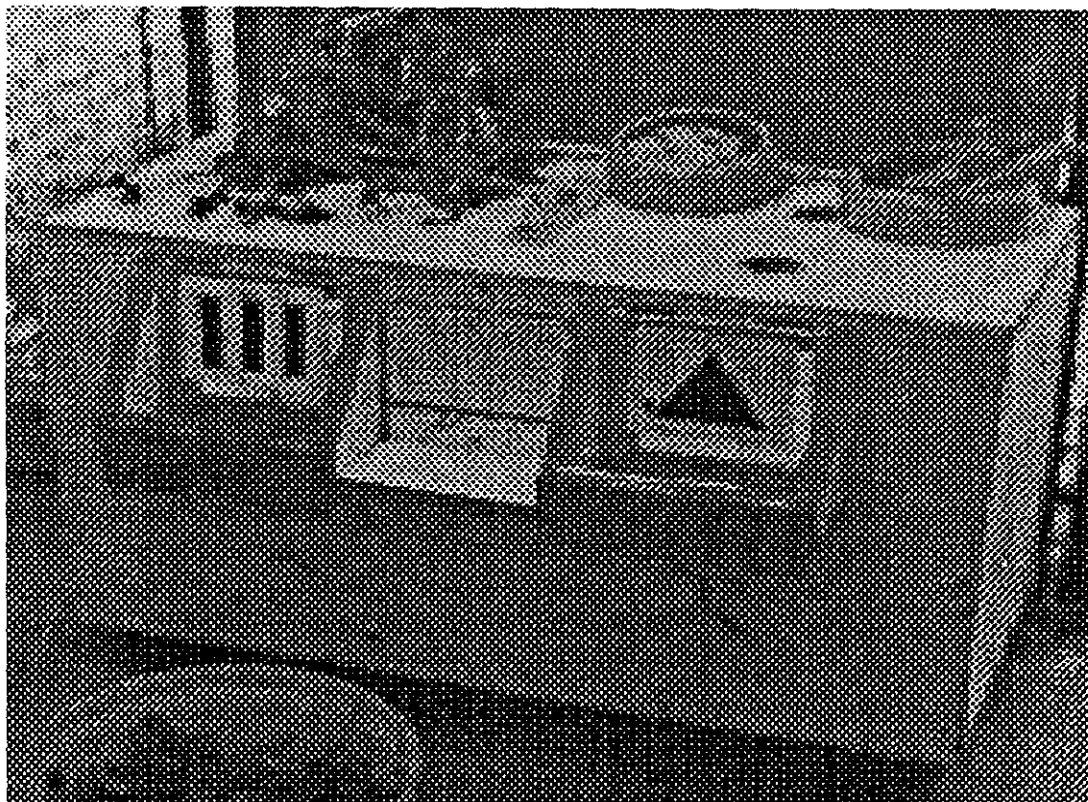


Abb. 10: Frontansicht der Versuchsanlage

3.5 Versuchsablauf

Nach der morgendlichen Gabe eines Leckerbissens durch die Versuchsführerin, wurden die leeren Futternäpfe aus dem Innenkäfig entfernt. Es folgte die Portionierung des Futters in zwei Näpfe und die Vorbereitung der Futterstücke zur Belohnung.

Die Versuchstiere warteten meist schon erregt vor der Versuchsanlage. Die optischen Anweiser wurden der Versuchsreihe entsprechend angebracht. Hinter beiden Wahlklappen befand sich die Belohnung. Die Wahlklappe mit dem negativen Anweiser wurde verriegelt. Der rote Plasticschieber (S1) wurde mit Hilfe von Seilzügen hochgezogen und die Tiere betrachteten nun durch den Plexiglasschieber (S2) die Muster.

Sie konnten sich nun entscheiden. Ohne den Schieber S2 wären sie direkt in die Wahlkammer gesprungen. Nun wurde S2 hochgezogen und der Zutritt zu den Wahlkammern war möglich. Die Wahl wurde als negativ betrachtet, wenn die Klappe mit dem negativen Anweiser durch die Nasen-

spitze berührt wurde, bei Korrektur ohne Berührung galt der Versuch als positiv. Bei negativer Wahl mußte das Versuchstier den Wahlkasten verlassen, ohne daß ein Wechsel zum positiven Anweiser möglich war (non correction method). Bei positiver Wahl gab es bei Aufstoßen der Wahlklappe eine Belohnung. Bei Verlassen der Versuchsanlage wurden die Schieber S1 und S2 wieder verschlossen und der Musterwechsel mit der Belohnung durchgeführt.

Auch bei einem Scheinwechsel wurden stets die entsprechenden Geräusche und Bewegungen durchgeführt, um den Tieren nicht durch Ausbleiben gewisser Abläufe einen Hinweis zu geben. Die Versuchsleiterin befand sich stets direkt hinter der Versuchsanlage.

3.6 Dressurversuche zur Ermittlung der Lernkapazität

Von Fritsch (1983), Klamroth (1990), Major (1984, 1987), Michael (1987) und Schroeder (1994) war ein tägliches Dressurpensum von 30 Testläufen durchgeführt worden. Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurde auch mit den Parma Känguruhs ein tägliches Pensum von jeweils 30 Testläufen absolviert, sofern dieses nicht durch Störfaktoren unterbrochen wurde. Die Durchführung der Läufe erfolgte ohne zeitliche Begrenzung. Eine Serie von 30 Testläufen wurde jedoch dann abgebrochen, wenn die Tiere selbst durch Hilfsmittel (Stimme, Belohnung) nicht zur Durchführung der Versuche bewegt werden konnten.

Seitenwechsel von positivem und negativem Muster erfolgten zufallsgemäß nach einem festen Schema (siehe Serie 1-6 Abb. 14). Die Versuchsleiterin verwendete 6 verschiedene Serien, um mit Sicherheit auszuschließen, daß die Versuchstiere innerhalb des Versuchszeitraumes die einzelnen Serien nicht erlernten.

Die Zeichen "R" und "L" innerhalb der Serien (siehe Abb. 14) bedeuten, daß der negative Anweiser, das negative Muster, aus der Sicht der Versuchsleiterin auf der rechten (R) bzw. linken (L) Seite angebracht wurde. Innerhalb einer Serie, bestehend aus 30 Testläufen, erfolgte die Darbietung eines Zeichens je 15 Mal auf der rechten bzw. linken Seite, dabei jedoch im Höchstfall dreimal hintereinander auf der gleichen Seite.

Als erlernt galt ein Musterpaar definitionsgemäß dann, wenn der Anteil an Richtigwahlen in drei aufeinanderfolgenden Serien mindestens 90% be-

trug, d.h., daß ein Versuchstier an drei aufeinanderfolgenden Tagen bei dem täglichen Dressurpensum von 30 Testläufen jeweils höchstens drei Testläufe mit Falschwahlen aufweisen durfte.

Nach Erlernen eines Musterpaares wurden die vorher erlernten Zeichen wiederholt. Dies erschien sinnvoll, da das Ergebnis einzelner Musterpaare oft Wochen zurücklag (Wiederholungstest). Diesem Test schloß sich der Mehrfachtest an. Auch hier betrug die erforderliche Erfolgsquote an drei aufeinanderfolgenden Tagen jeweils 90%. Bei erfolgreichem Bestehen wurde zur Dressur des nächsten Musterpaares übergegangen.

Dressurablauf

- I Dressur des Musterpaares bis zum Lernerfolg (3 Serien a 90%)
- II Wiederholung der Musterpaare 1 bis n-1 (1 Serie a 90%)
- III Mehrfachtest für n Musterpaare (3 Serien a 90%)
- IV Ein- bis dreitägige Dressurpause
- V Dressur des Musterpaares n bis zum Lernerfolg, d.h. des Musterpaares 1+n

Mit jedem Musterpaar verlängerte sich somit die Reihe des Erlernten. Die am Anfang erlernten Muster wurden viel häufiger als die Zeichen z.B. 7 und 8 wiederholt. Aus diesem Grund wurden sie im Mehrfachtest bevorzugt zur Wahl gestellt. Bei den Einzel-, Wiederholungs- und Mehrfachtests wurden die Musterpaare stets paarweise im Wechsel angeboten, d.h. das negative Muster stets mit dem dazugehörigen positiven Muster.

3.7 Dressurversuche zur Prüfung der Frage nach der Anzahl der erlernten Muster

Hierbei sollte die Anzahl der erlernten Muster geklärt werden. Die Versuchsleiterin wollte herausfinden, ob die Versuchstiere den negativen bzw. positiven Anweiser oder beide Anweiser unabhängig voneinander im Gedächtnis behielten. Die Versuchsleiterin bot den Versuchstieren an zwei

aufeinanderfolgenden Tagen nur die positiven bzw. negativen Anweiser, in Kombination mit einer normalen weißen Scheibe an.

Anschließend wurden alle erlernten Musterpaare untereinander gemischt und in neuer Kombination angeboten.

- I Positivmuster mit neutraler Fläche
- II Negativmuster mit neutraler Fläche
- III Gemischte Darbietung

Die Standardmusterpaare wurden nicht gezeigt.

3.8 Dressurversuche zur Prüfung des Generalisationsvermögens

Hierbei handelt es sich um die Fähigkeit, eine Transposition von erlernten Figuren zu erkennen, das ein Abstraktionsvermögen voraussetzt. Nach Rensch (1965) ist die Fähigkeit zur Generalisation von großer Bedeutung für die Beurteilung von Hirnleistungen.

Im Anschluß an die Lernversuche wurden zwei Musterpaare in insgesamt 16 Variationen umgewandelt. Es sollte getestet werden, ob das Versuchstier die Dressurfigur nur in ihrer normalen Ausprägung erkennt, oder ob eine wesentliche Veränderung vorgenommen werden kann.

Entscheidend war, ob bestimmte charakteristische Merkmale eines Zeichens zum Erkennen genügen.

Das Dressurprogramm setzte sich wie folgt zusammen:

1. Tag Positivtransposition mit Negativstandardmuster
2. Tag Positivtransposition mit neutralem Muster
3. Tag Positivtransposition mit Negativtransposition
4. Tag Negativtransposition mit Positivstandardmuster
5. Tag Negativtransposition mit neutralem Muster
6. Tag Positivtranspositionen untereinander gemischt

An den Tagen eins bis fünf wurde fünfmal das Standardmusterpaar geboten, so daß sich eine tägliche Grundzahl von 35 Testläufen ergab.

Jede Transposition wurde bei einer Anzahl von 10 Variationen demnach dreimal innerhalb von 35 Testläufen zur Wahl gestellt.

3.9 Gedächtnistest

Nach Rensch (1973) hängt die Behaltensdauer von folgenden Kriterien ab:

- I Von der Höhe der Organisationsstufe (Zentralnervöse Struktur)
- II Vom Komplikationsgrad der beanspruchten sinnes- und hirnpfysiologischen Leistungen
- III Von der Intensität, "Lust", "Unlust" und der Reizhäufigkeit
- IV Von der Bedeutung, die dem Erlernten für die Lebensführung des betreffenden Individuums zukommt
- V Von der anderweitigen Beanspruchung des Gehirns

Die Musterpaare wurden nach der Lernleistung der Versuchstiere ausgewählt.

Die Überprüfung des Gedächtnisses erfolgte nach 20/30/40/50 und 60 Tagen.

3.10 Optische Anweiser - Musterpaare

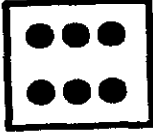
Als Musterpaare dienten 3mm starke Plexiglasplatten in der Größe 22 x 20cm. Sie waren auf der einen Seite mit weißer Folie bezogen und das jeweilige Dressurzeichen mit schwarzem Klebestreifen oder schwarzem Filzstift aufgemalt bzw. -geklebt.

Die Versuchsleiterin wählte die bereits bewährten Musterpaare von Fritsch (1983), Major (1987) und Michael (1987), um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Es wurde darauf geachtet, daß die Musterpaare keine Ähnlichkeit mit bereits erlernten hatten. Die Dressurzeichen bestanden aus solchen mit Flächenungleichheit und solchen mit Flächengleichheit. Die Farbgebung war schwarz/weiß. Die Versuchsleiterin wollte feststellen, ob die Versuchstiere Formendifferenzierungen oder Helligkeitsdifferenzierungen vornehmen konnten. Es sollte auch geprüft werden, ob die Parma Känguruhs Muster mit übereinstimmenden Strukturkomponenten erkennen und ob sie identische Muster unterschiedlicher Größe erkennen und erlernen.

3.10.1 Allgemeine Charakteristika und Maße der Musterpaare zur Ermittlung der Lernkapazität

Abb. 11:

	Positiv	Negativ
schwarze Fläche weiße Fläche (14 x 14cm)		
Kreis (Ø 9,5cm) Kreuz (2 x 9cm)		
„Sieben“ Schlangenlinie		
Kreuz (2 x 9cm) Schrägkreuz		
3 Quadrate (auf der Spitze) 6 Punkte in Reihe 2,3cm		
gleichseitiges Dreieck (10cm) 3 Längsbalken (9 x 2cm)		
Schachbrett 2x (7 x 7cm) rechts offener Keil (2 x 15cm)		
großes M (9 x 1,5cm) großes R (9 x 1,5cm)		
großes V (9 x 1,5cm) kleines v (6,5 x 1cm)		

3.10.2 Transposition der Musterpaare zur Ermittlung des Generalisationsvermögens

Abb. 12:

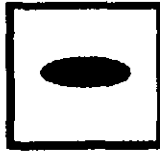
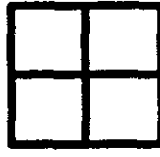
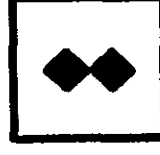
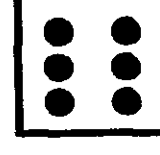
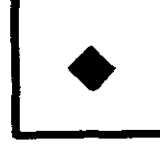
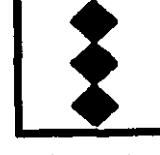
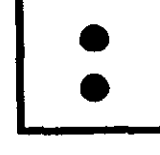
	Positiv	Negativ
Kreis (Ø 9,5cm) Kreuz (2 x 9cm)		
umrandeter Kreis Totenkreuz		
senkrechtes Oval Schrägkreuz		
quer Oval schmal Kreuz		
3 Quadrate 3 Punkte		
2 Quadrate 6 Punkte		
1 Quadrat 3 Punkte diagonal		
3 Quadrate senkrecht 2 Punkte senkrecht		

Abb. 13: Serie 1 - 6

Serie I

RRLRLLLRLRRLRLRLRRRLRLRLRLRL

Serie II

RLRLLRLRRLRRLRLRLRLRLRLRLRL

Serie III

LRLRLLRRLRRLRLRLRLRLRLRLRLRL

Serie IV

LLRLLRLRRLRLRLRLRLRLRLRLRLRL

Serie V

LLRRLRLRRLRLRLRLRLRLRLRLRLRL

Serie VI

RLLRLRRLRRLRLRLRLRLRLRLRLRL

3.11 Statistische Auswertung

Ausgangspunkt jeglichen statistischen Arbeitens ist stets eine Massenerscheinung, für die begrifflich die Bezeichnung Grundgesamtheit, auch Masse, Kollektiv oder Population festgelegt wurde.

Jede Grundgesamtheit besteht aus einer Mehrzahl von Untersuchungszielen gleichartiger Elemente. Jedes Element wiederum ist Träger eines oder mehrerer bestimmter Merkmale (Christmann 1975).

3.11.1 Festlegung des Lernkriteriums

Bei der Bearbeitung der Ergebnisse ist die Festlegung des Prozentsatzes an Richtigwahlen von ausschlaggebender Bedeutung. Hieraus ergibt sich, daß die Richtigwahlen nicht mehr auf Zufall beruhen, sondern daß die Versuchstiere ihre Aufgabe erlernt haben. Mit Hilfe der Vertrauensgrenze wird der Rückschluß einer beobachteten Häufigkeit auf die unbekannte Grundwahrscheinlichkeit ermöglicht.

Die Konfidenzgrenze läßt sich in Abhängigkeit von der Fallzahl n und der Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 5\%$ aus der Kollerschen Tafel ablesen (Koller 1969).

Die Signifikanzgrenze wurde in Anlehnung an Fritsch (1984) und Major (1987) auf 90% festgelegt.

Unter Signifikanzgrenze versteht man die hypothetischen Werte der Grundgesamtheit der Versuche, wobei die Lernversuche aus der vorgegebenen Grundgesamtheit entstammen müssen. Da die Wahrscheinlichkeit mit wachsendem Abstand zwischen Stichprobenwert und hypothetischem Wert geringer wird, muß der Unterschied ab einer vorher festzulegenden Grenze als „wesentlich“ oder „signifikant“ bezeichnet werden. Geringe Unterschiede, die eine höhere Wahrscheinlichkeit dafür besitzen, daß die Stichproben aus der hypothetischen Grundgesamtheit entstammen, werden, soweit sie die vorher festgelegte Grenze nicht überschreiten, als „zufällig“ bezeichnet. Die Entscheidung für „zufällige“ oder „wesentliche“ Abweichung ist dann zugleich jene für die Beibehaltung oder Ablehnung der aufgestellten Hypothese.

Das Lernkriterium galt als erreicht, wenn drei aufeinanderfolgende Versuchsserien a 30 Einzeldressuren mit mindestens 90%iger Sicherheit absolviert wurden.

3.11.2 Graphische Auswertung

Zweck der graphischen Darstellung ist die Veranschaulichung und Hervorhebung der Arbeitsergebnisse durch eine einprägsame Schaubildtechnik. Dies kann auch dazu verhelfen, noch undurchsichtige Kausalzusammenhänge analytisch zu erkennen. Besondere Bedeutung kommt der Skaleneinteilung auf der Abszisse und Ordinate zu, da nicht aufeinander abgestimmte Maßstäbe zu Fehlinterpretationen führen können.

Die Auswertung der hier durchgeführten Versuche erfolgt mit dem sequenziellen Prüfverfahren (Harder et al. 1972).

Auf der Abszisse wurde die Anzahl der durchgeführten Läufe, auf der Ordinate die Anzahl der positiven Wahlen eingetragen. Bei der Auswertung auf Millimeterpapier rückte die Markierung nach jedem Lauf um ein Kästchen nach rechts und bei jeder Richtigwahl um ein Kästchen nach links.

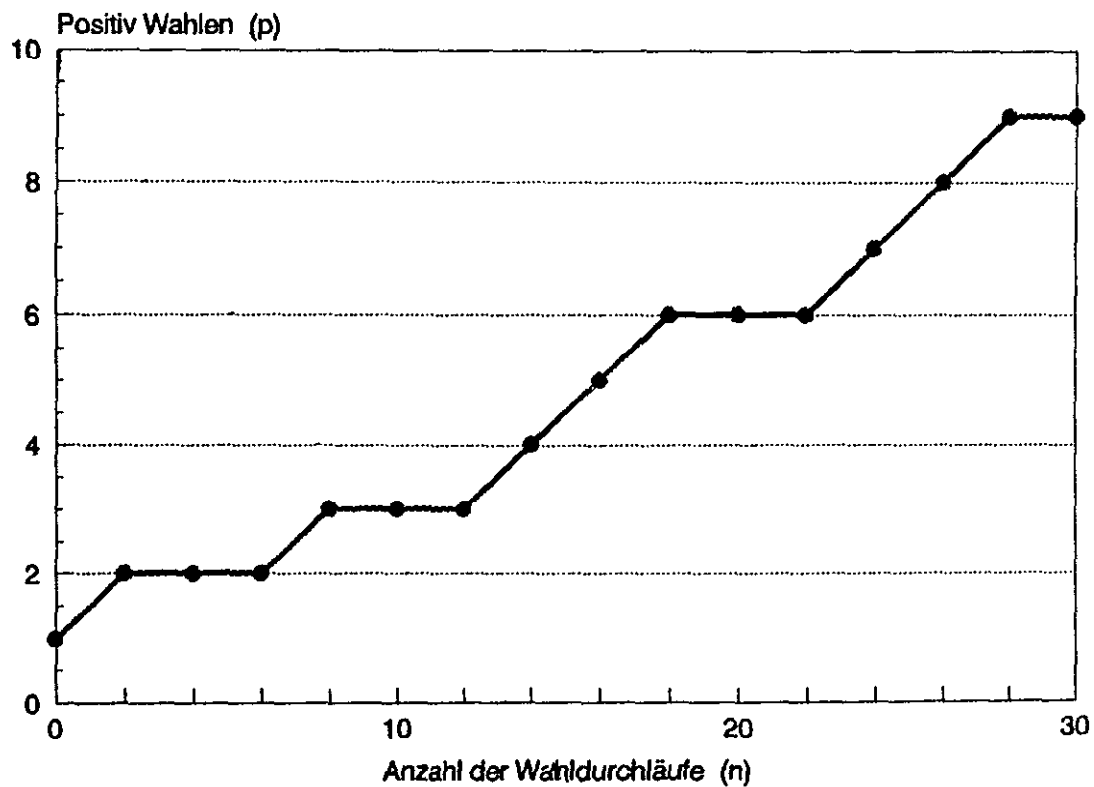


Abb. 14: Beispiel für die graphische Darstellung der Sequenzanalyse

4 Ergebnisse

4.1 Vorversuche

Die Tiere gelangten am 07.06.1990 in das Tierhaus des Zoologischen Institutes in Heidelberg.

Die Fütterung erfolgte direkt aus dem Innenraum. Die Tiere waren sehr scheu, man bemerkte jedoch ihre starke Neugier.

Ab dem vierten Tag nach ihrer Ankunft begab sich die Versuchsleiterin in das Außengehege, damit sich die Versuchstiere an sie gewöhnen konnten. Die Futternäpfe wurden in den Wahlkammern der Versuchsanlage aufgestellt (ca. eine Woche lang). Danach erfolgte die Fütterung aus den Futter-schalen der Versuchsanlage, und die Tiere begriffen sehr schnell, daß sie nur mit der Nase die Plexiglasplatten vorzuschieben hatten, um an das Futter zu gelangen.

4.1.1 Stufe I (Durchführung 5 Tage)

Die Versuchsanlage war so angebracht, daß die Versuchstiere sie genau untersuchen konnten (beriechen, belecken).

Die Schieber S1 und S2 waren hochgezogen, so daß die Versuchstiere freien Zugang zu den Wahlräumen hatten.

Sieben Tage wurde in den Wahlräumen gefüttert, danach hinter den Plexiglasplatten der Versuchsanlage.

Schon nach einer Nacht hatten die Tiere begriffen, wie die Klappe zu öffnen war. Sobald jedoch die Versuchsleiterin das Innengehege betrat, stürzten die Tiere panikartig in das Freigehege.

Verhaltensbeobachtung

Das Futter wurde mit den Vorderpfoten ergriffen und bei größeren Stücken in den Pfoten gehalten und daran geknabbert.

Sobald die Versuchsleiterin bzw. der Tierpfleger in die Nähe der Versuchstiere kamen, gerieten dieselben in Panik und sprangen am Zaun hin und her. Im ersten Monat wurde die Fluchtdistanz von 6m nicht unterschritten. Nach sieben Wochen kam Versuchstier I bis auf 50cm an die

Versuchsleiterin heran und fraß die gebotene Belohnung, die jedoch noch am Boden lag.

Man merkte sehr bald, daß Banane bevorzugt wurde. Zwei Monate später fraßen die Versuchstiere aus der Hand. Bevor das Futter aus der Hand der Versuchsleiterin genommen wurde, berochen die Tiere ihre Hand sehr ausgiebig. Nach drei Monaten war das Vertrauen zu der Versuchsleiterin so groß, daß sie mit ihr zusammen im Innengehege blieben.

4.1.2 Stufe II

Die Plexiglasplatte wurde mit Musterpaar 1 verhängen. Die Futterportionen wurden allmählich reduziert, um die Wahlen zu erhöhen.

Versuchstier I benötigte 34 Tage, um auf 10 Wahldurchläufe zu kommen.

Versuchstier II benötigte 56 Tage, um auf 10 Wahldurchläufe zu kommen.

Verhaltensbeobachtung

Versuchstier I war von Anfang an viel zutraulicher. Bei Versuchstier II dauerte es recht lange, bis es trotz Anwesenheit der Versuchsleiterin und Hunger in die Versuchsanlage sprang.

4.1.3 Stufe III

Nach 34 Tagen (siehe Stufe I) sprang Versuchstier I 10x in die Versuchsanlage. Nach weiteren 14 Tagen 20x und nach weiteren 4 Tagen hatte Versuchstier I 30 Wahldurchläufe erreicht.

Versuchstier II benötigte 54 Tage, um auf 10 Wahldurchläufe zu kommen, weitere 3 Tage, um auf 20 Durchläufe zu kommen und nach weiteren 4 Tagen erreichte Versuchstier II 30 Wahldurchläufe.

Verhaltensbeobachtung

Die Tiere waren nur unter deutlicher Nahrungsverminderung dazu bereit, 30 mal in die Wahlkammer zu hüpfen.

4.1.4 Stufe IV

Ziel war es, die Tiere an negative und positive Wahlen zu gewöhnen und sie nach Futteraufnahme zum baldigen Verlassen der Versuchsanlage zu bewegen. Deshalb war es wichtig, sie zunächst an die Laufgeräusche der Schieber zu gewöhnen (14 Tage).

4.1.5 Stufe V

Zu diesem Zeitpunkt der Ausbildung war es wichtig, daß die Tiere nach jeder Wahl die Versuchsanlage verließen, und sich nach Verschluß der beiden Schieber erneut vor der Versuchsanlage aufstellten.

Dann wurde S1 hochgezogen und nach weiteren ein bis zwei Minuten S2. Das tägliche Pensum waren nun 30 Läufe und die Tiere wußten, daß es nur hinter einem der beiden Muster eine Belohnung gab.

Verhaltensbeobachtung

Bei Versuchstier II dauerten die Lernvorgänge anfangs länger, da es viel weniger zutraulich war. Nach Überwindung seiner anfänglichen Scheu erlernte es die 30 Wahldurchläufe jedoch schneller als Versuchstier I.

Wählte Versuchstier I zuerst ein negatives Muster, so wechselte es unverzüglich die Wahlkammer so, daß die Versuchsleiterin kaum Zeit hatte, den Schieber S2 zu schließen. Es wurde keine Seitenbevorzugung beobachtet, wie z.B bei Michael (1987).

Versuchstier II sprang meist aus der Versuchsanlage und machte erst gar nicht den Versuch, die Seite zu wechseln.

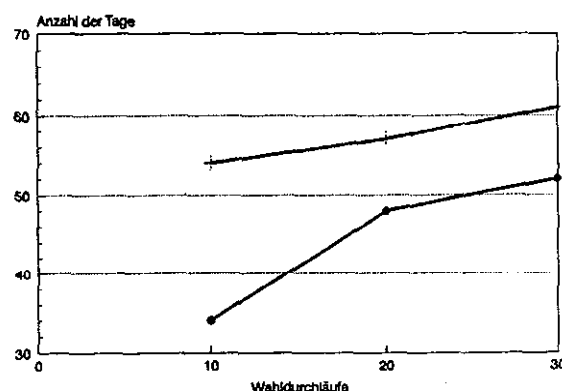


Abb. 15: Benötigte Zeit (Tage) bis zum Erreichen von 30 Wahldurchläufen

Tabelle 3: Übersicht bis zum Erreichen von 30 Wahldurchläufen

	VtI			VtII		
Wahldurchläufe	10	20	30	10	20	30
Tage	34	14	4	54	3	4

Tabelle 4: Übersicht Vorversuche

Lern- stufe	Versuchs- bedingungen	Lernziel	Zeit	Vertrauenszeit
I	S1 und S2 geöffnet	Futteraufnahme in den Wahlkammern	0,5 d	4/5 Wochen auf 50cm
	S1 und S2 geöffnet. Futter hinter den Plexiglasclappen	Anheben von S2 und Füttern hinter einer Klappe	5 d	Fressen nach 2 Monaten aus der Hand
II	MP1 wird angebracht (zur Übung 1)	Futteraufn. ohne Sicht des Futters Fütterung	3 Mon.	3 Mon. mit Versuchsleiterin im Innengehege. VI läßt sich an Nase u. Maul berühren. VII nimmt Futter aus der Hand
III	Kleinere Futterrationen	Erhöhung der Wahldurchläufe	4 Mon.	4 Mon., Versuchstier I läßt sich am Rücken kraulen
IV	Darbietung von Musterpaar 1	Erlernen von Positiv und Negativ		
V	S1 und S2 betätigt	Angst vor dem Schieber verlieren		
VI	Musterpaar 1 in Serie angebracht	Gewöhnung an Versuchsaufbau und erneute Aufstellung vor dem Schieber. Erreichen von 30 Wahldurchläufen	5 Mon.	

4.2 Hauptversuche

4.2.1 Ergebnisse der Einzelaufgabendressur

Für die Ergebnisse der Einzelaufgaben wurden von Versuchstier I 6330 und von Versuchstier II 4980 Testläufe durchgeführt. Die Dressur erstreckte sich über 19 Monate und schien mit großer Bereitschaft von den Tieren absolviert zu werden.

Im Anschluß an die Einzelbetrachtung erfolgt nun die zusammenfassende Gegenüberstellung der Lernleistungen. Geklärt werden sollte vor allem, wie sich die unterschiedliche Dressurbereitschaft auf das Lernergebnis auswirkt. Haben Einwirkungen von außen wie z.B. niedrige Temperatur, unbekannte Geräusche u.a. Einfluß auf das Lernverhalten.

4.2.1.1 Allgemeine Verhaltensbeobachtungen bei der Dressurarbeit

Für die Tiere war die Vertrautheit mit ihrer Umgebung, der Versuchsanlage und der Versuchsleiterin von großer Bedeutung. Ein einmaliger Versuch, die Tiere in ein anderes Gehege zu quartieren, löste bei ihnen Panik aus. Die Tiere wurden unverzüglich in das alte Gehege zurückgebracht. Diese Maßnahme wurde gewählt, um keinen Rückschlag bei den bis dato sehr positiv verlaufenden Versuchen zu erhalten. Genauso störend wirkten sich die Reparatur auf dem Dach des Institutes oder das Säubern der Käfige auf die Tiere aus. Bei den Känguruhs fehlte dann jegliche Bereitschaft, die Versuche durchzuführen.

4.2.1.2 Verhalten im Warteraum

Versuchstier I

Innerhalb des 19 monatigen Dressurzeitraums war das Verhalten von Versuchstier I meist ruhig. Das Känguruh blieb häufig im Aufenthaltsraum, putzte sich oder kaute wieder. Bei Erregung klopfen beide Versuchstiere mit ihren Hinterläufen auf den Boden und witterten erregt mit der Nase, wobei der Kopf zitterte.

Versuchstier II schien dominant über Versuchstier I. Es verschaffte sich stets zuerst Zugang zu den Futternäpfen. Dabei wurde Versuchstier I mit

den Vorderpfoten vertrieben, wie bei Känguruhs üblich durch Boxen. Durch diese Rankämpfe fehlten Versuchstier I einige Haarbüschel am Rücken, welches die Unterscheidung der beiden Tiere sehr erleichterte.

Versuchstier II

Versuchstier II war viel scheuer und ließ sich selbst nach 11/2 Jahren noch nicht streicheln. Es war nur bereit, Futter aus der Hand der Versuchsleiterin zu nehmen.

Bei der Dressurarbeit verließ es sofort nach Aufnahme der Belohnung die Versuchsanlage und verzehrte das Futter im Warteraum. Es vergingen mehrere Minuten, bis Versuchstier II bei der Dressurarbeit mitmachte. Im Laufe der Monate wurde sein Vertrauen größer und damit auch seine Aktivität. Insgesamt erlernte es die Musterpaare schneller als Versuchstier I. Bei Störungen stürzte es fluchtartig in das Außengehege und es dauerte oft lange, bis es wieder zur Mitarbeit bereit war. Nur durch strenge Nahrungskarenz war es zur Mitarbeit zu motivieren.

4.2.1.3 Verhalten an der Entscheidungsbarriere

Versuchstier I

Versuchstier I kam sofort, sobald die Versuchsleiterin den Warteraum betrat. Es sprang meist vor der Versuchsanlage hin und her oder setzte sich direkt vor diese und wartete, bis die Arbeit begann. Seinen Kopf bewegte es meistens zwischen beiden Wahlkammern hin und her.

Wurde S1 hochgezogen, setzte sich Versuchstier I direkt vor die Wahlkammer und kratzte mit den Vorderpfoten an der Platte.

Versuchstier II

Versuchstier II wartete selten direkt vor der Versuchsanlage, sondern blieb meist mehrere Minuten im Abstand von 60cm vor dieser sitzen. Eine Entscheidungsfindung konnte von der Versuchsleiterin nicht beobachtet werden. Da Versuchstier II aus dieser Entfernung Einblick in beide Wahlkammern hatte, sprang es erst bei Hochziehen beider Schieber in die Versuchsanlage.

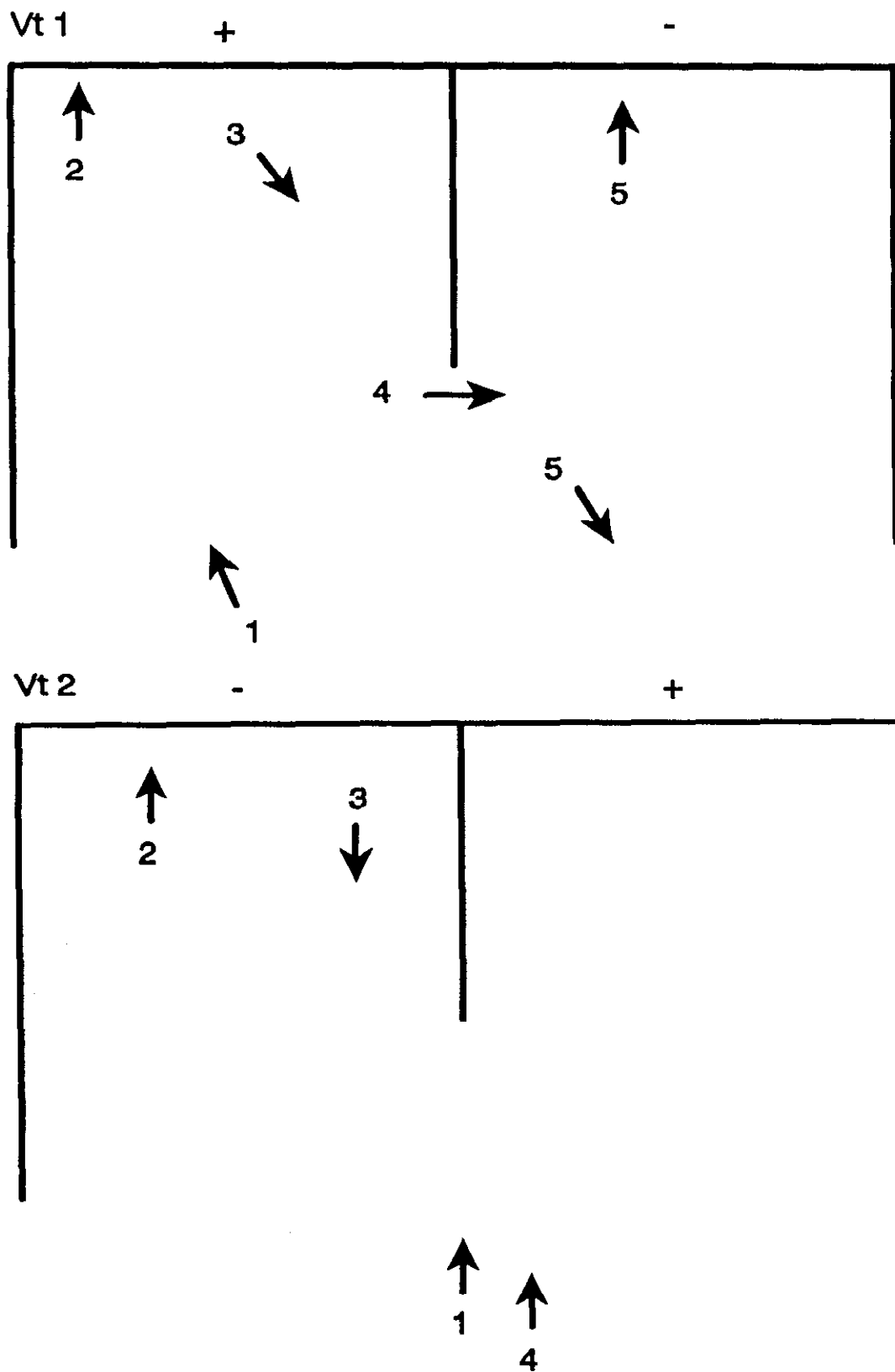


Abb. 16: Häufig beobachtete Laufspuren der Versuchstiere (Vt)

4.2.1.4 Verhalten im Wahlraum

Versuchstier bewegte sich, sobald der Schieber geöffnet wurde, unmittelbar auf das Muster zu, vor dem es sich aufgestellt hatte. Ein Absichern (Hin- und Herbewegen des Kopfes) wurde (im Gegensatz zu Michael 1987) von der Versuchsleiterin nicht beobachtet

Versuchstier I sprang bei falscher Wahl direkt aus der Versuchsanlage und wollte dann sofort in die andere Wahlkammer wechseln. Versuchstier II sprang zielstrebig in eine Wahlkammer und zog sich bei falscher Wahl zurück in den Warteraum, ohne den Versuch zu machen, in die andere Wahlkammer zu gelangen.

Nach einer Negativwahl stellte es sich erneut auf. Es gab auch Tage, an denen Versuchstier II in den Wahlraum sprang, ohne die Versuchsklappe zu berühren.

4.2.2 Musterpaar 1 A



Musterpaar 1 A wurde in den Vorversuchen angewendet, um die Tiere an den Versuchsablauf zu gewöhnen. Musterpaar 1 A wurde nicht in die Ergebnisse mit einbezogen, da es nur als Übung diente. In diesem Fall war Weiß die positive und Schwarz die negative Fläche.

Bei diesen Vorversuchen sollten die Tiere zwischen positiv und negativ unterscheiden lernen und 30 Durchläufe „bewältigen“.

Die Versuchsleiterin hatte darauf zu achten, daß die Tiere die Fläche vorher betrachteten, ohne daß sie in den Wahlkasten sprangen. Den Versuchstieren wurde nach jedem Übungstag etwas Futter hinter der positiven Fläche gelassen. So lernten sie bald, daß es bei Weiß eine Belohnung gab. Für die Versuchsleiterin war es wichtig, die richtige Menge der Belohnung einzuschätzen, um die Tiere auf 30 Wahldurchläufe zu bringen. Die Durchschnittszeit für Musterpaar 1 A betrug 60 bis 120 Minuten (je nach Aufmerksamkeit oder Hungerzustand). Mit dem Vorzeigen des Mu-

sterpaares 1 A wurde zwei Monate nach dem Eintreffen der Tiere begonnen. Nach 5 Monaten konnte die Versuchsleiterin mit den eigentlichen Versuchen beginnen. Die Tiere hatten begriffen, daß es positiv und negativ gab und daß eine bestimmte Anzahl von Durchläufen zu absolvieren waren. Versuchstier II benötigte für diesen Lernvorgang 8 Tage länger.

4.2.3 Musterpaar 1



Das Erlernen dieses Formenpaares erforderte neben der Unterscheidung von Schwarz und Weiß eine Formdifferenzierung.

Versuchstier I

Versuchstier I hatte nach 1230 Läufen in der 41. Versuchsserie erstmals 90% an Positivwahlen erreicht (1. Lernstadium).

Das Lernziel war nach 1230 Wahlen, dies entspricht 44 Tagen, erreicht. Ein Musterpaar galt erst als erlernt, wenn es an drei aufeinanderfolgenden Tagen zu jeweils mindestens 90% richtig gewählt wurde (2. Lernstadium). Das Betreten der Versuchsanlage war über einen Zeitraum von 20 Tagen wahllos und ungerichtet. Die Ergebnisse von 2 Versuchstagen konnten wegen Irritation der Tiere nicht gewertet werden. Die Durchschnittszeit lag bei 1 Stunde pro Serie.

Versuchstier II

Versuchstier II erlernte in 32 Tagen (960 Wahlen) Musterpaar 1. Schon nach 5 Tagen entschied sich Versuchstier II für das positive Zeichen. Versuchstier II war viel scheuer und entfernte sich stets sehr rasch aus dem Wahlraum. Die Versuchsleiterin hatte den Eindruck, daß Versuchstier II sich stärker konzentrierte, obwohl es sehr schwierig war, das Tier zum Mitmachen zu stimulieren.

Bei Versuchstier II war eine strenge Nahrungskarenz nötig. Nach 35 Serien, d.h. 1050 Wahlen, hatte Versuchstier II das Musterpaar 1 erlernt. Ein Musterpaar galt als erlernt, wenn nach einer 3 tägigen Pause die Fehlerquote 3 Tage nicht unter 90% lag. Die Durchschnittszeit für eine Serie betrug 1 ½ Stunden (von 60 bis 120 Minuten).

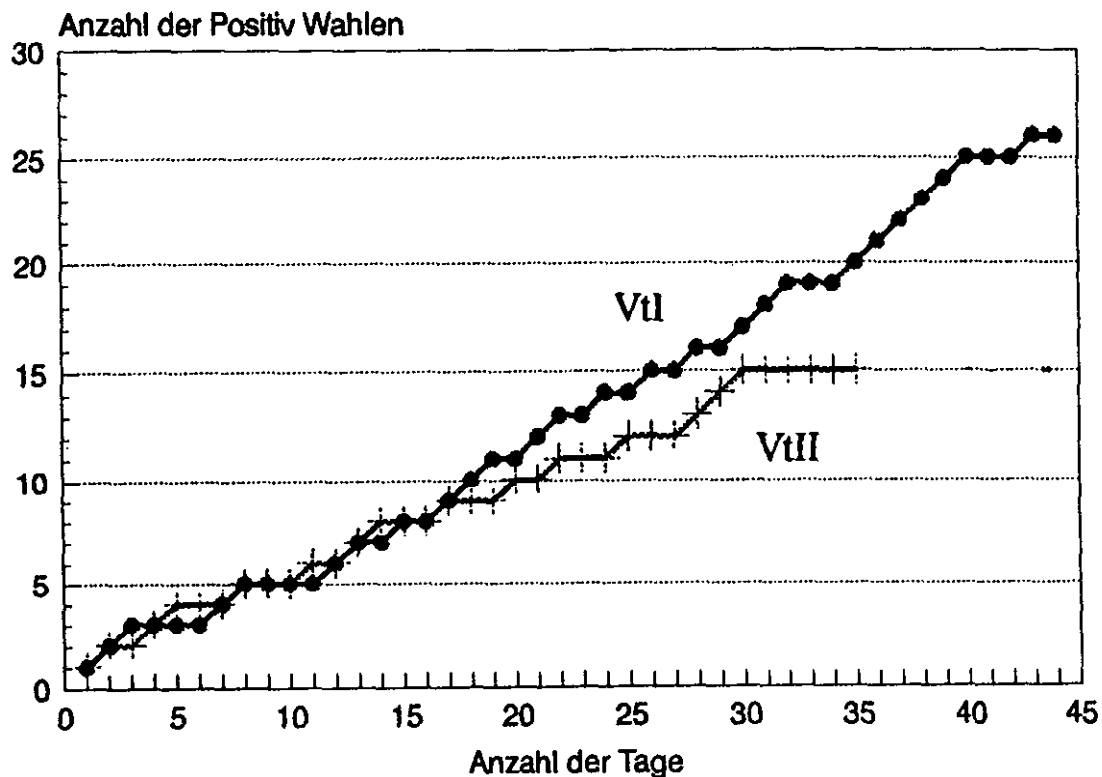


Abb. 17: Musterpaar 1

4.2.4 Musterpaar 2



Versuchstier I

Das neu gezeigte Musterpaar löste bei dem Känguruh starke Unruhe aus, es sprang vor der Versuchsanlage hin und her und wußte nicht, für welche Seite es sich entscheiden sollte.

Nachdem der Schieber geöffnet wurde, sprang es wahllos, ohne sich zu orientieren, in die Seite vor der es sich zufällig befand. Erst nach 20 Tagen, d.h. 600 Testläufen, begann es eine Lernstrategie zu entwickeln und schaute von der einen in die andere Wahlkammer. Nach 52 Tagen (2. Lernstadium), d.h. nach 1560 Serien, hatte Versuchstier I das Musterpaar 2 erlernt. Bei diesem Musterpaar schien es lange keinen Anhaltspunkt zu haben, was positiv bedeutet.

Versuchstier II

Es dauerte 3 Tage bis Versuchstier II trotz des neuen Zeichens 30 Durchläufe absolvierte. Nach 11 Tagen bemerkte die Versuchsleiterin, daß Versuchstier II sich für eine Seite entschied. Es blieb nach wie vor nicht direkt vor der Versuchsanlage sitzen, sondern betrachtete diese aus einiger Entfernung.

Nach 39 Tagen, d.h. nach 1170 Serien, war Musterpaar 2 erlernt (2. Lernstadium).

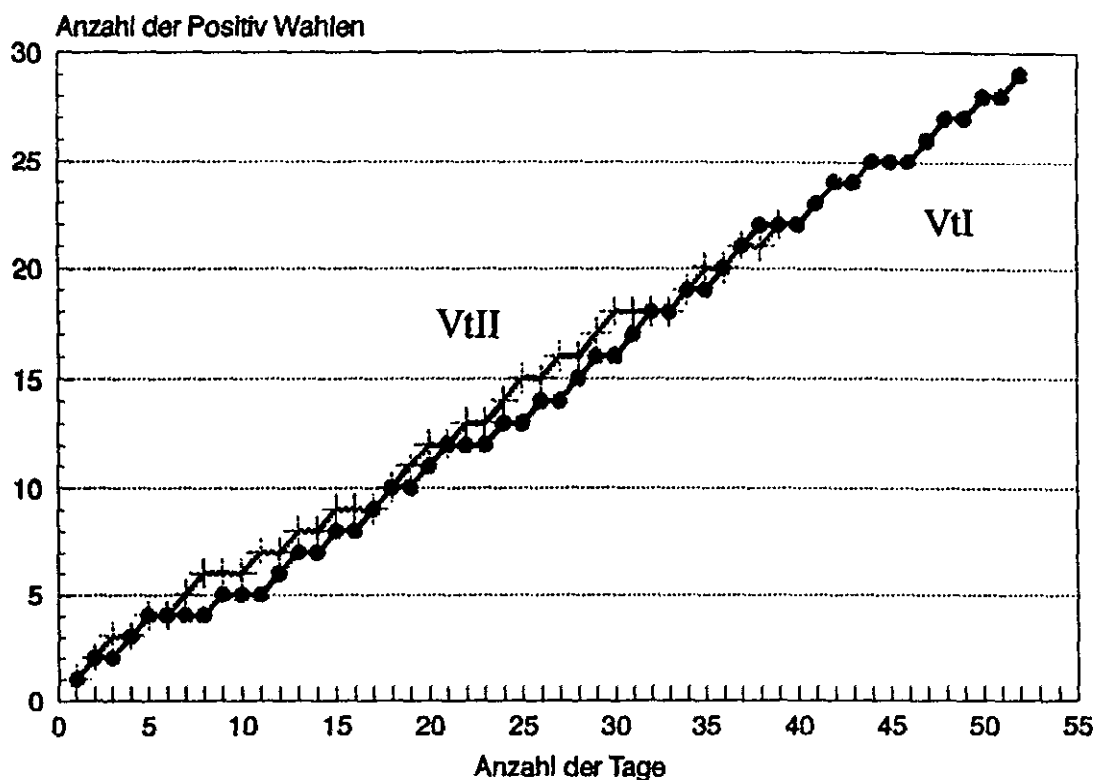


Abb. 18: Musterpaar 2

4.2.5 Musterpaar 3



Versuchstier I

Beim Zeigen des neuen Musterpaares reagierte Versuchstier I durch unruhiges Hin- und Herspringen vor der Versuchsanlage. Versuchstier I ordnete von Anfang an das schwarze senkrechte Kreuz der Belohnung zu und hatte schon nach 20 Tagen, d.h. 600 Wahlen, das Musterpaar erlernt (2. Lernstadium). Es schien die mehr schwarze Fläche dem positiven zu zuordnen. Dies zeigte den ersten deutlichen Lernerfolg. Die Entscheidung vor der Plexiglasscheibe (S1) erfolgte sehr schnell. Die durchschnittliche Zeit zur Absolvierung einer Lernserie betrug nur noch 45 Minuten.

Versuchstier II

Versuchstier II ordnete ebenfalls das senkrechte Kreuz der Belohnung zu. Es macht täglich Fortschritte und nach 11 Tagen, d.h. 330 Wahlen, hatte es das Musterpaar erlernt (2. Lernstadium). Es postierte sich nach wie vor in einiger Entfernung vor der Versuchsanlage. Die Durchschnittszeit zur Absolvierung einer Serie betrug nur noch 1 Stunde.

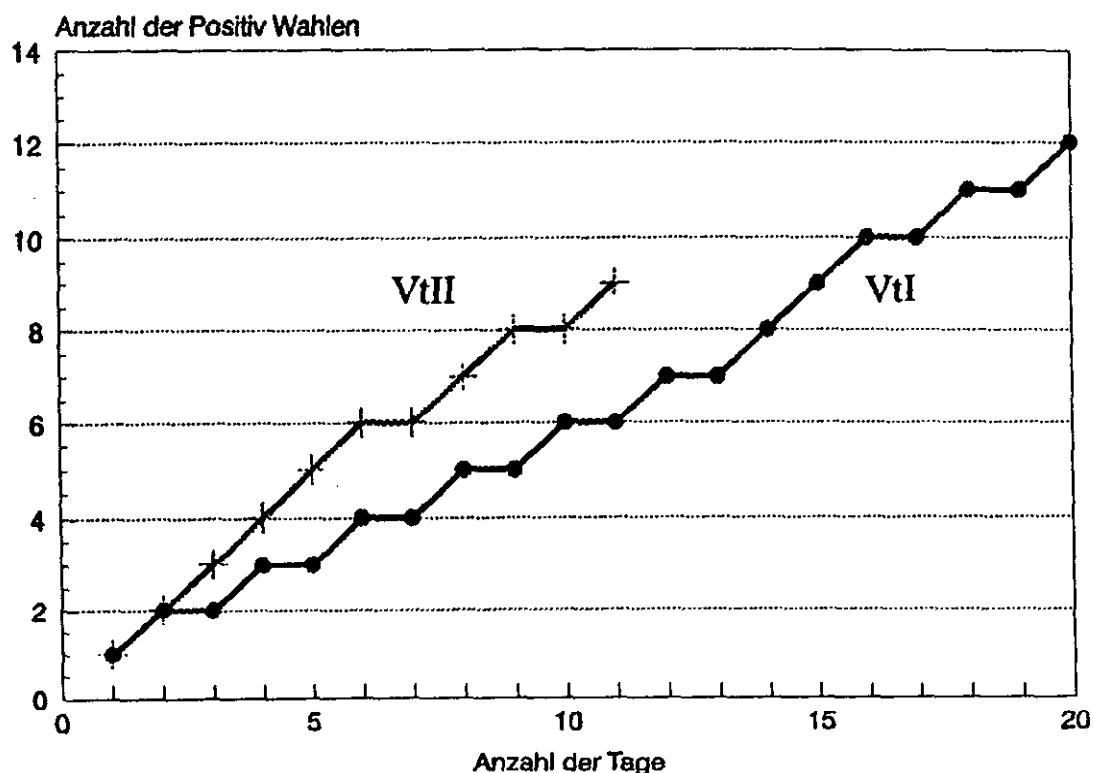


Abb. 19: Musterpaar 3

4.2.6 Musterpaar 4



Versuchstier I

Nach anfänglichem Absichern des neuen Musterpaares erlernte Versuchstier I das Musterpaar 4 mit derselben Sicherheit wie Musterpaar 3. Es steigerte täglich seine Positivwahlen. Die Durchschnittszeit für eine Serie betrug jetzt nur noch 40 Minuten. Es arbeitete aufmerksam und bereitwillig mit.

Offensichtlich boten die Versuche eine willkommene Abwechslung im Alltagsleben der Tiere. Musterpaar 4 war nach 15 Tagen zu 90% bewältigt (1. Lernstadium). Bei der Überprüfung der Ergebnisse machte es an einem der Wiederholungstage einige Fehler. Dies war auf äußere Störungen zurückzuführen. Nach 19 Tagen, d.h. 570 Serien, war Musterpaar 4 erlernt (2. Lernstadium).

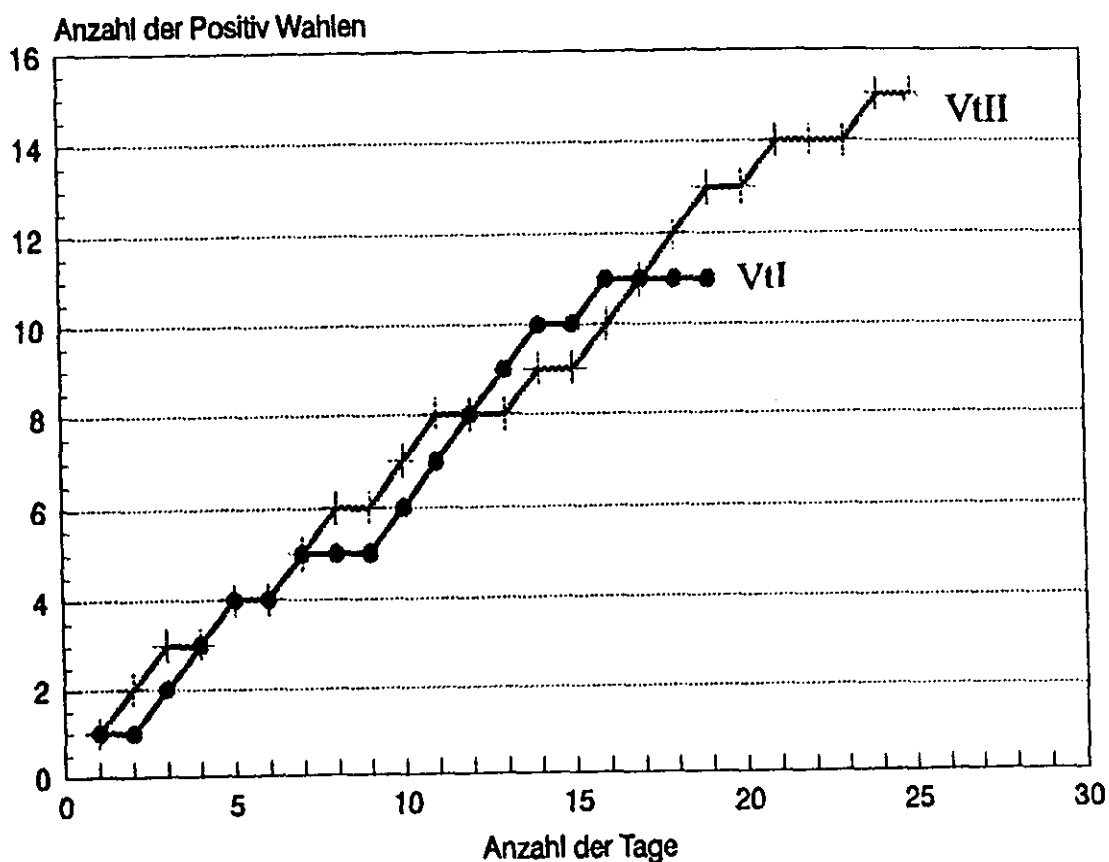


Abb. 20: Musterpaar 4

Versuchstier II

Bei Erlernen von Musterpaar 4 hatte Versuchstier II größere Schwierigkeiten. Es war unsicher und sprang am Anfang häufig in die falsche Wahlkammer. Aufgrund dieser Negativerfahrung war es für die Versuchsleiterin schwierig, es zum Mitmachen zu motivieren.

Nach 12 Tagen war die erste positive Tendenz bei der Wahl zu erkennen. Nach 22 Tagen wurde Musterpaar 4 zu 90% richtig gewählt (1. Lernstadium). Nach 750 Serien, d.h. 25 Tagen und einer Durchschnittszeit von 1 Stunde, war das Musterpaar erlernt (2. Lernstadium).

4.2.7 Musterpaar 5



Versuchstier I

Nach 11 Tagen wurde Musterpaar 5 zum ersten Mal zu 90% richtig bewältigt (1. Lernstadium) und nach 16 Tagen (480 Wahlen) galt das Musterpaar als erlernt (2. Lernstadium). An zwei Tagen der Wahlwiederholung hatte Versuchstier I die 90% nicht erreicht.

Versuchstier I sicherte schon frühzeitig an der Trennwand (S1 und S2) ab, und das Erlernen des Musterpaares schien ihm keine größeren Schwierigkeiten zu bereiten.

Versuchstier II

Bei Darbietung des Musterpaares 5 entschied sich Versuchstier II von Anfang an für das positive Zeichen. Schon nach 6 Tagen bewältigte es Musterpaar 5 zu 90% richtig (1. Lernstadium).

Nach 11 Tagen, d.h. 330 Wahlen, und einer Durchschnittszeit von 40 Minuten pro Serie, galt das Musterpaar als erlernt (2. Lernstadium). Musterpaar 5 wurde als erstes Paar zu 100% richtig gewählt.

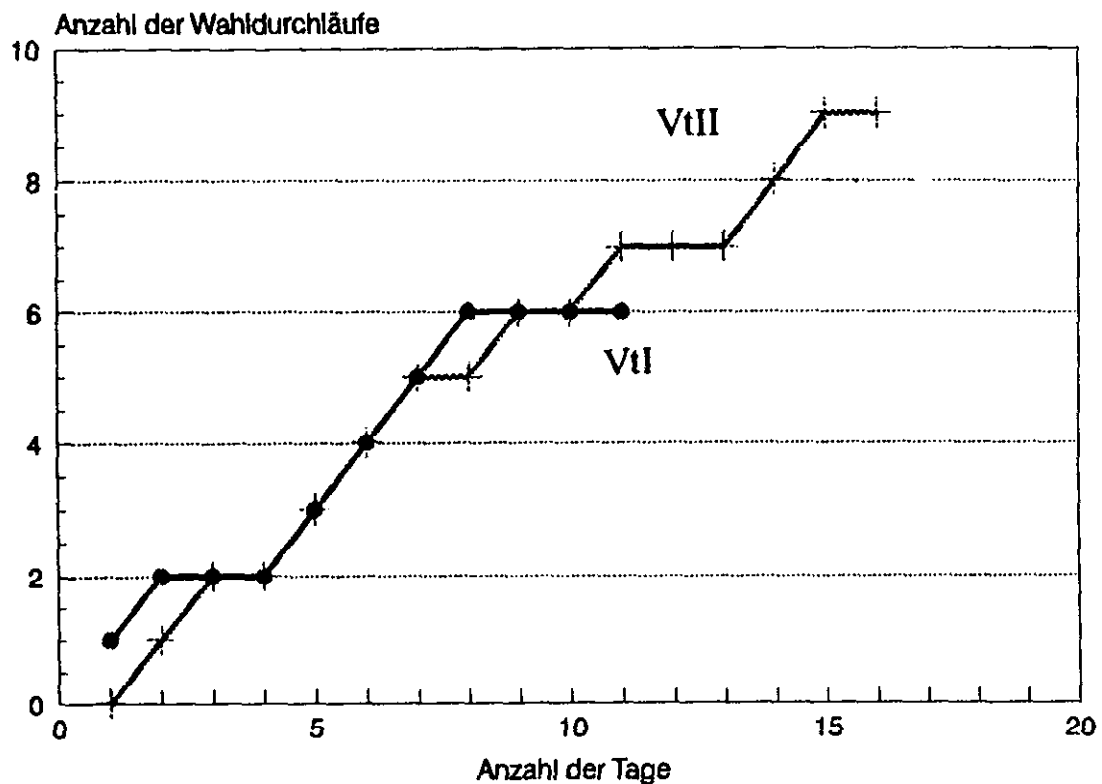


Abb. 21: Musterpaar 5

4.2.8 Musterpaar 6



Versuchstier I

Musterpaar 6 wurde nach 17 Tagen, d.h. 510 Wahlen, zu 90% bewältigt (1. Lernstadium) und galt nach 20 Tagen, d.h. 600 Wahlen als erlernt (2. Lernstadium). Bei diesem Musterpaar hatte Versuchstier I größere Schwierigkeiten als bei Musterpaar 5. Dieser negative Anweiser bestand

nicht nur aus einer einheitlichen schwarzen Fläche und der Schwierigkeitsgrad war bei diesem Musterpaar eindeutig gesteigert. Zu beobachten war ein häufigeres Absichern als bei Musterpaar 4 und Musterpaar 5. Die Durchschnittszeit für eine Serie betrug 40 Minuten.

Versuchstier II

Musterpaar 6 wurde nach 14 Tagen, d.h. 420 Wahlen, zu 90% richtig gewählt (1. Lernstadium) und war nach 17 Tagen bzw. 510 Wahlen erlernt (2. Lernstadium).

Die Durchschnittszeit für eine Serie betrug 40 Minuten. Es war zu beobachten, daß Versuchstier II sich von Anfang an für den positiven Anweiser entschied und seine Lernerfolge täglich steigerte.

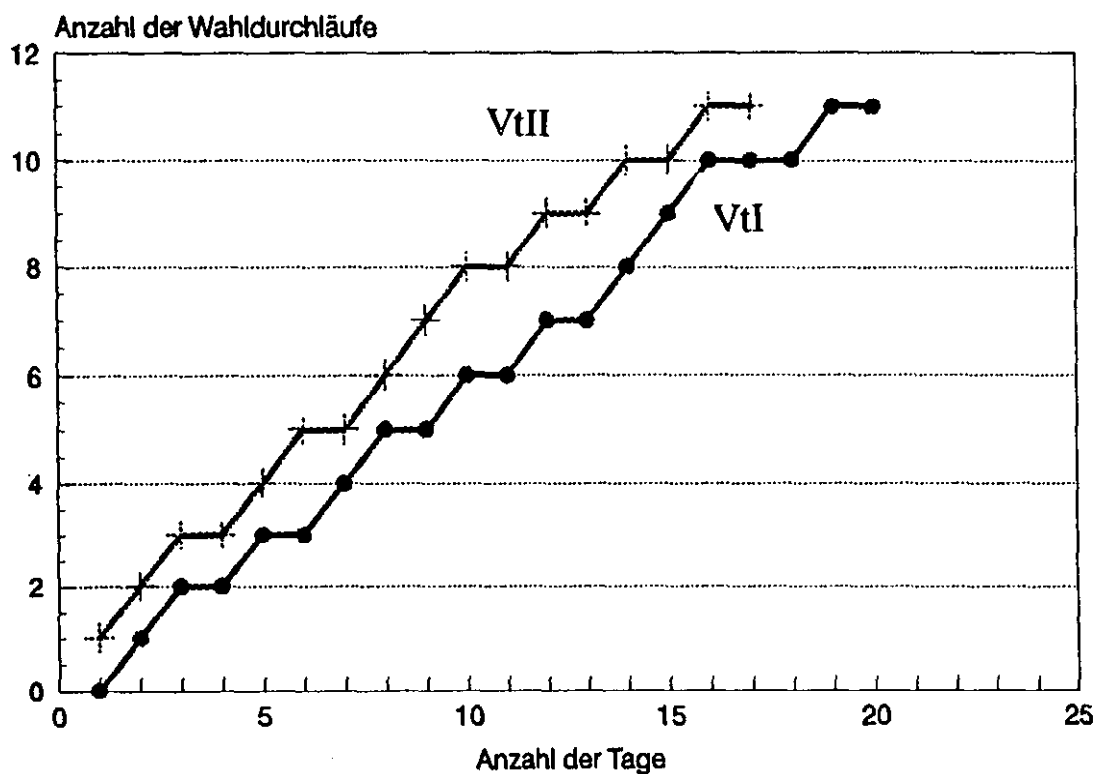


Abb. 22: Musterpaar 6

4.2.9 Musterpaar 7



Versuchstier I

Bei diesem Musterpaar hatte Versuchstier I deutliche Schwierigkeiten, sich für ein Muster zu entscheiden. Es sicherte länger vor der Plexiglas-scheibe ab, mal sprang es in die Wahlkammer mit dem positiven, mal sprang es in jene mit dem negativen Anweiser. Es dauerte 10 Tage, bis die Versuchsleiterin einen Lernerfolg erkennen konnte.

Erst nach 21 Tagen bzw. 620 Wahlen galt das Musterpaar als erlernt (2. Lernstadium). Die Durchschnittszeit betrug 50 Minuten, dies zeigte deutlich, wie lange Versuchstier I sich an der Entscheidungsbarriere aufhielt (Durchschnittszeit wurde länger).

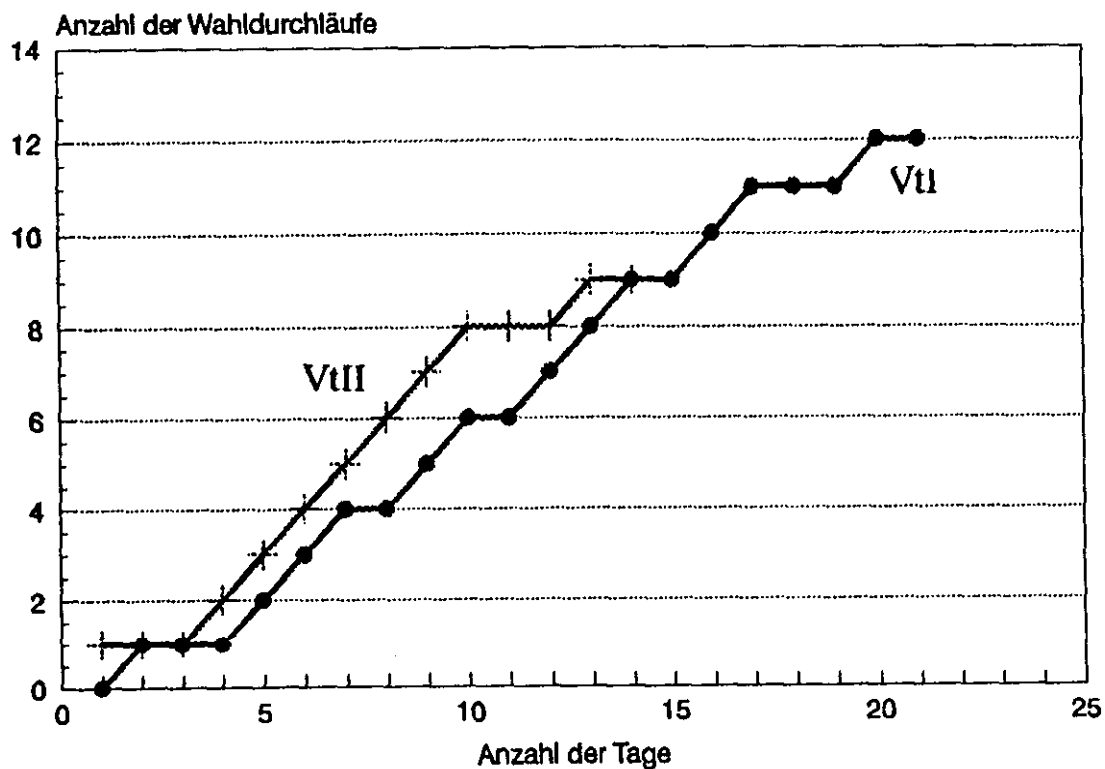


Abb. 23: Musterpaar 7

Versuchstier II

Versuchstier II bereitete das Erlernen von Musterpaar 7 keine größeren Schwierigkeiten. Es entschied sich schon sehr früh für den positiven Anweiser. Nach 14 Tagen bzw. 420 Wahlen galt Musterpaar 7 als erlernt (2. Lernstadium). Die Durchschnittszeit sank auf 30 Minuten, dies war deutlich schneller als bei Versuchstier I. Die erste 90% Richtigwahl erfolgte nach 9 Tagen (1. Lernstadium).

4.2.10 Musterpaar 8



Versuchstier I

Bereits nach 5 Tagen war bei Versuchstier I ein deutlicher Lernerfolg zu erkennen. Es entschied sich zunehmend für den positiven Anweiser. Ein Kriterium dafür könnte gewesen sein, daß durch die größere Grundfläche Schwarz der positive Anweiser für das Tier leichter zu erkennen war. Die Leistung nahm stetig zu und nach 19 Tagen bzw. 570 Wahlen mit einer Durchschnittszeit von 35 Minuten galt das Musterpaar als erlernt (2. Lernstadium). Die Tiere konnten bei diesem Musterpaar einen Größenunterschied erkennen, denn dies war das einzige Kriterium, in dem sich das Musterpaar gegenüber anderen unterschied.

Versuchstier II

Versuchstier II wählte von Anfang an vermehrt den positiven Anweiser. Die Versuchsleiterin beobachtete bei ihm bis zum Schluß der Versuche kein Absichern.

Es sprang immer zielstrebig in die von ihm gewählte Wahlkammer. Nach 15 Tagen bzw. 450 Wahlen und einer Durchschnittszeit von 35 Minuten hatte Versuchstier II das Musterpaar erlernt (2. Lernstadium).

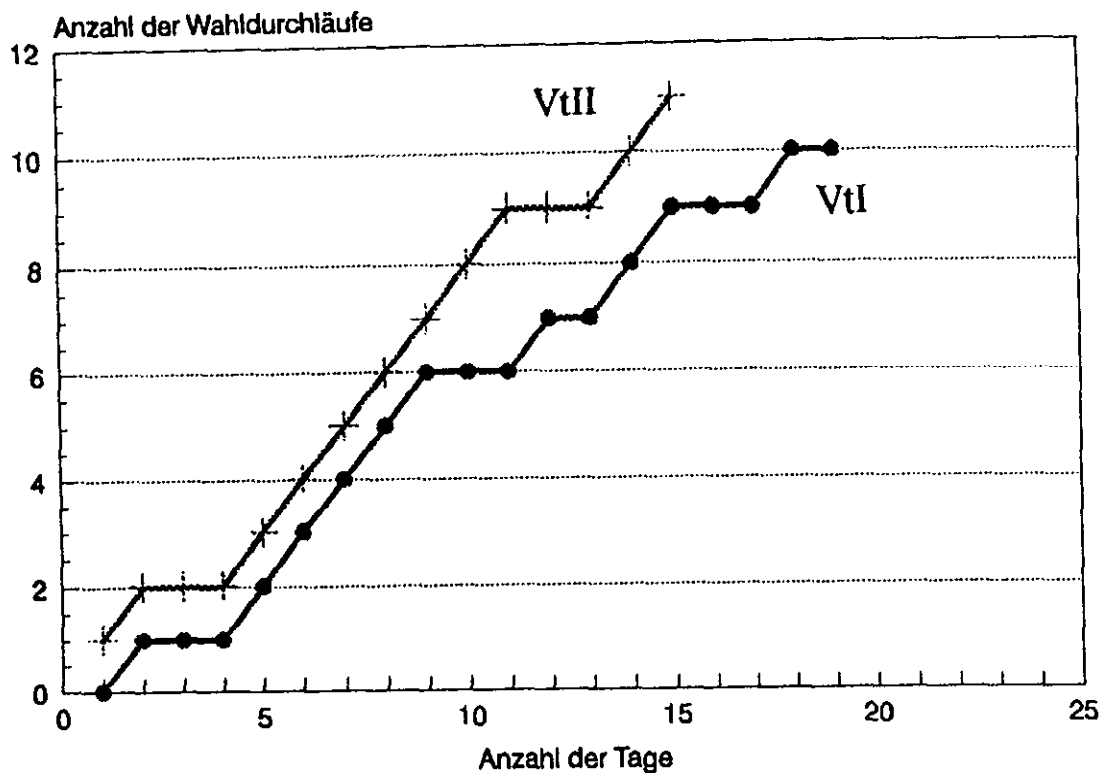


Abb. 24: Musterpaar 8

Vergleich der Musterpaare

Vt 1 Verhältnis der positiven zu den negativen Wahlen

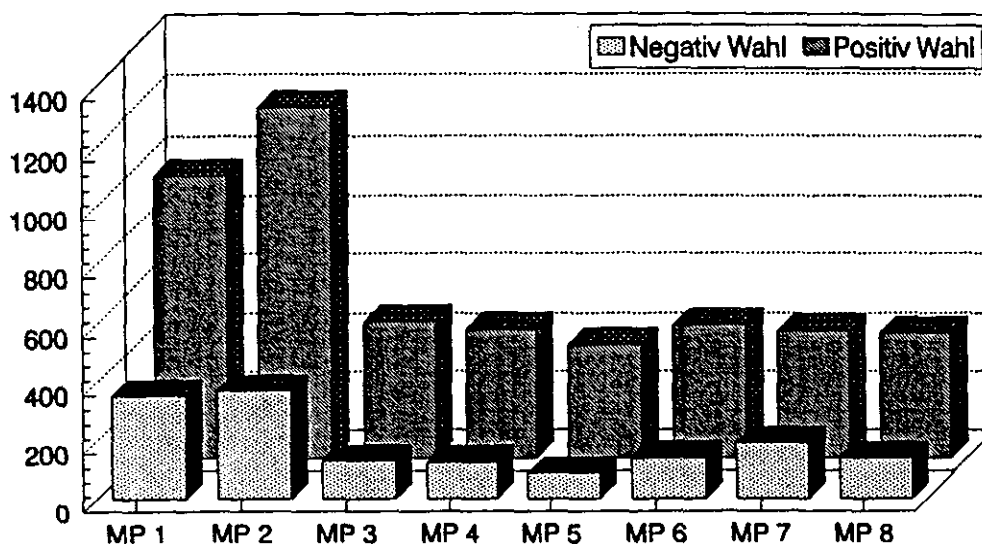


Abb. 25: Verhältnis von Positiv zu Negativ Wahlen pro Musterpaar

Vergleich der Musterpaare

Vt 2 - Verhältnis der positiven zu den negativen Wahlen

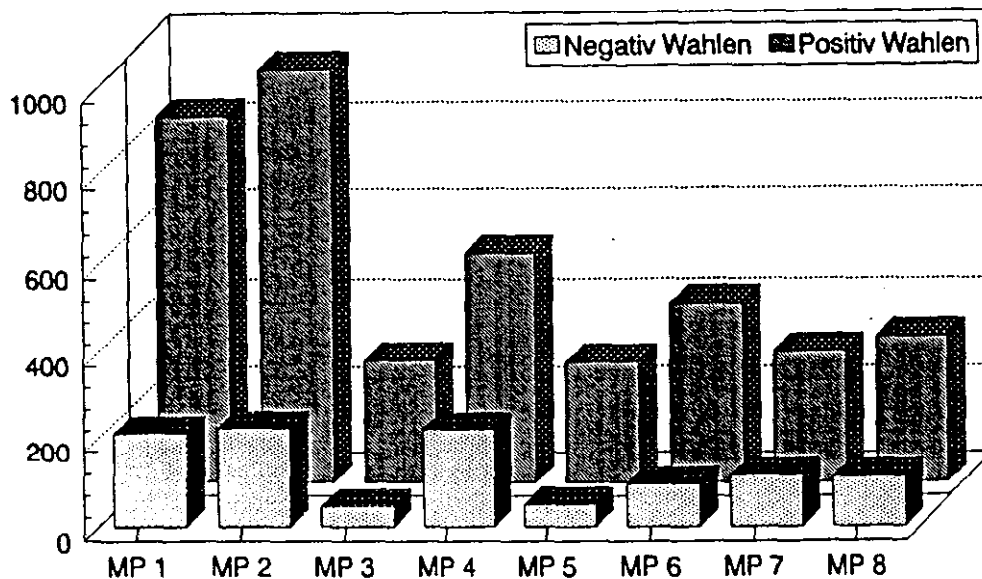


Abb. 26: Verhältnis von Positiv zu Negativ Wahlen pro Musterpaar

4.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Einzelaufgaben

4.3.1 Lerngeschwindigkeit

Die Lerngeschwindigkeit hing deutlich von den Versuchstieren sowie von dem dargebotenen Musterpaar ab. Entscheidend war das Vertrauen zur Versuchsleiterin. Nur dadurch waren die anfänglichen Anlaufschwierigkeiten zu reduzieren.

4.3.1.1 Durchschnittszeit

Die Durchschnittszeit, welche die Tiere benötigten, um die einzelnen Serien durchzuführen, nahm bis auf Musterpaar 5 und Musterpaar 7 bei Versuchstier I stetig ab.

Bei diesen beiden Anweisern wurde von der Versuchsleiterin ein vermehrtes Absichern bei Versuchstier I wahrgenommen. Wahrscheinlich handelte es sich hierbei für Versuchstier I um einen schwierigen Anweiser.

Tabelle 5: Benötigter Durchschnittszeit pro Musterpaar (MP)

MP Nr.	VtI WDL	VtII WDL	VtI Dz	VtII Dz
1	1320	1050	60 Min.	90 Min.
2	1560	1170	60 Min.	90 Min.
3	600	330	45 Min.	60 Min.
4	570	750	40 Min.	60 Min.
5	480	330	30 Min.	40 Min.
6	600	510	40 Min.	40 Min.
7	630	420	50 Min.	30 Min.
8	570	450	30 Min.	35 Min.
Durchschnitt	791,25	622,50		

WDL = Wahldurchlauf, Dz = Durchschnittszeit

Die ersten beiden Musterpaare erforderten eine sehr hohe Darbietungsquote. Das scheuere Versuchstier II war erfolgreicher, da seine Aufmerksamkeit, d.h. sein „Konzentrationsvermögen“, bedeutend größer war als bei Versuchstier I. Letzteres erlernte die 8 Musterpaare mit durchschnittlich 791,25 Läufen pro Musterpaar. Versuchstier II benötigte hingegen nur 622,50 Läufe pro Musterpaar.

Das ruhigere Versuchstier I sprang zwar häufiger in die Versuchsanlage, machte dabei jedoch auch vermehrt Fehler. Die Lernfähigkeit konnte mit dem Learning-Ability-Index (LAI) von Fiske & Potter (1979) errechnet werden.

LAI ergibt sich aus mittlerer Fehlerzahl und mittlerer Versuchsanzahl.

$$\text{LAI} = \frac{1000}{\text{ME}} : \text{MT}$$

Tabelle 6: Durchschnittliche Fehleranzahl und durchschnittliche Versuchsanzahl (in Tagen) zur Berechnung des LAI

	Versuchstier I	Versuchstier II
ME	MP1 = 7,8	MP1 = 6,1
	MP2 = 7,7	MP2 = 5,8
	MP3 = 6,6	MP3 = 4,2
	MP4 = 6,7	MP4 = 8,9
	MP5 = 5,6	MP5 = 4,6
	MP6 = 7,1	MP6 = 5,6
	MP7 = 9,2	MP7 = 8,3
	MP8 = 7,4	MP8 = 7,6
ME-Durchschnitt	7,26	6,38
MT	26,375	20,875
LAI	5,22	7,49

MT = Mean Trials; ME = Mean Errors

Den höchsten Lernfähigkeitsindex (LAI) erreichte Versuchstier II mit 7,49.

Die Graphiken zur Darstellung des Leistungsvergleiches ergeben für Versuchstier I und Versuchstier II einen nicht parallelen Kurvenverlauf. Am Anfang (Musterpaare 1,2 und 3) verlaufen die Kurven noch parallel, später divergieren sie deutlich.

Der Lernerfolg wird auch stark vom Schwierigkeitsgrad der Diskriminationsaufgabe beeinflusst. Bei den Musterpaaren 3, 4, 5, 6 überwog die schwarze Fläche und daher wurden diese Musterpaare zügiger erlernt.

Bei Musterpaar 8 handelte es sich um gleiche Muster mit unterschiedlicher Größe. Sie wurden leichter differenziert. Dieses Musterpaar wurde ohne Schwierigkeiten erlernt. Bei der Darbietung der Einzelaufgaben wurden alle 8 Musterpaare erfolgreich, aber in unterschiedlichen Zeitintervallen, erlernt.

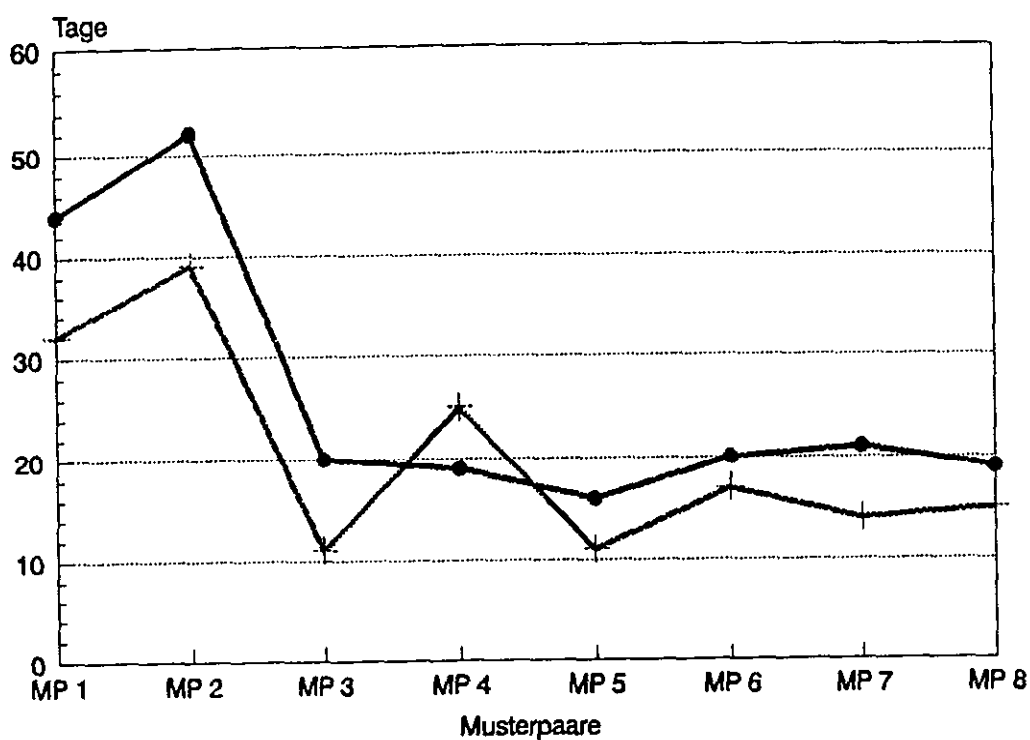


Abb. 27: Lerngeschwindigkeit für die Musterpaar 1 - 8

4.3.2 Learning-Set-Formation

Mit zunehmender Dressurerfahrung lernten die Versuchstiere die dargebotenen Musterpaare schneller. Der Begriff des Learning Set geht auf Harlow (1949) zurück, der ihn als „learning how to learn efficiently“ definierte.

Die Parma Känguruhs machten bei zunehmender Erfahrung weniger Fehler bei der Versuchsdurchführung, was möglicherweise bei ihnen aus einer vorhandenen Lernbegabung resultiert.

4.3.3 Lernstrategie

Das Entwickeln einer Strategie wurde auch bei den Parma Känguruhs beobachtet.

Versuchstier I stellte sich immer direkt vor der Versuchsanlage auf. Die Versuchsleiterin konnte beobachten, wie es durch Hin- und Herbewegen des Kopfes sich für eine Seite der Versuchsanlage entschied.

Versuchstier II setzte sich bis zum Ende aller Versuche immer in einem Abstand von ca. 100cm vor die Versuchsanlage und sprang von dort aus zielstrebig in eine Seite.

4.4 Ergebnisse der Wiederholungsaufgaben

Nachdem die Tiere einzelne Musteraufgaben erlernt hatten, wurden zunächst alle vorangegangenen Zeichenpaare wiederholt, um für alle Merkmale die gleichen Voraussetzungen zu schaffen. Wenn bei den Wiederholungsaufgaben ein Musterpaar mit 90% Wahlsicherheit beherrscht wurde, mußte dieses nicht nachdressiert werden.

Da die Anzahl der gleichzeitig beherrschten Aufgaben mit 8 Musterpaaren recht hoch lag, hätte der Zeitraum zwischen den Tagen, an dem das zuletzt andressierte Musterpaar erlernt wurde und dem Tag, an dem die letzte Aufgabe wiederholt wurde, mehrere Wochen gedauert. Dies hätte möglicherweise zum Vergessen einiger Musterpaare geführt. Aus diesem Grund entschloß sich die Versuchsleiterin, die Wiederholungsaufgaben mit nur 10 Durchläufen durchzuführen. Das heißt, es konnten drei Musterpaare an einem Tag (eine Serie) absolviert werden.

Tabelle 7: Notwendige Nachdressur in den Wiederholungsaufgaben

Musterpaar	VtI (Läufe)	VtII (Läufe)
1	60	30
2	30	30
3	60	60
4	90	60
5	120	60
6	90	60
7	60	60
8	90	90
Summe	600	450

4.5 Ergebnisse der Mehrfachaufgaben

In den Einzelaufgaben wurde die Lerngeschwindigkeit der Versuchstiere überprüft. Die anschließenden Mehrfachaufgaben sollen dazu dienen festzustellen, wieviel adressierte Aufgaben ein Versuchstier gleichzeitig beherrschen kann.

Das Lernvermögen wird durch die Lernkapazität eines Tieres gekennzeichnet. Nach Rensch (1973) liefert sie die Grundlage für die Beurteilung der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Hirnleistung. Den Versuchstieren wurden die Standardmusterpaare in ihrer festen Kombination gezeigt. Die freie Kombination der Muster findet später in einem gesonderten Test Berücksichtigung. Die Musterpaare wurden in bestimmter Reihenfolge angeboten, wobei die Seiten wieder serienmäßig wechselten.

Der Umfang eines Mehrfachtestes betrug insgesamt 90 Wahlen, die auf drei Abende gleichmäßig verteilt wurden.

Die Parma Känguruhs zeigten bei der Durchführung der Mehrfachaufgaben eine größere Aufmerksamkeit. Dies hing möglicherweise mit einem häufigeren Wechsel der Musterpaare zusammen.

4.5.1 Versuchstier I und II

Zweifachtest: Känguruh II erreichte höhere Erfolgsquoten als Känguruh I.
Die Tiere waren bei dieser Aufgabe sehr konzentriert. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Gesamterfolgsquoten der drei aufeinanderfolgenden Abende des zwei- bis achtfach Testes und den jeweiligen Mittelwert:

2fach Test

Tag	1	2	3	M
VtI	F 2	F 2	F 1	F 1,6
VtII	F 3	F 4	F 2	F 3,0

3fach Test

Tag	1	2	3	M
VtI	F 3	F 2	F 2	F 2,3
VtII	F 2	F 2	F 0	F 1,3

4fach Test

Tag	1	2	3	M
VtI	F 1	F 1	F 1	F 1,0
VtII	F 0	F 3	F 0	F 1,0

5fach Test

Tag	1	2	3	M
VtI	F 2	F 2	F 2	F 2,0
VtII	F 2	F 3	F 0	F 1,6

6fach Test

Tag	1	2	3	M
VtI	F 3	F 2	F 4	F 3,0
VtII	F 2	F 1	F 3	F 2,0

7fach Test

Tag	1	2	3	M
VtI	F 4	F 5	F 4	F 4,3
VtII	F 3	F 2	F 2	F 2,3

8fach Test

Tag	1	2	3	M
VtI	F 3	F 4	F 2	F 3,0
VtII	F 2	F 2	F 2	F 2,0

M = Mittelwert, F = Fehler

Versuchstier I

In den Mehrfachtests wurden von Versuchstier I 630 Wahlen durchgeführt.

Tabelle 8: Fehlerverteilung in den Mehrfachtests

MP	2	3	4	5	6	7	8	F	Angeb.	Erfolgsquote (%)
1	3	1	2	-	-	1	1	8	152	94,74
2	2	2	-	2	1	-	1	8	152	94,74
3		4	1	2	-	4	1	11	108	89,82
4			-	1	1	1	-	3	81	96,30
5				1	3	1	-	5	58	91,38
6					1	2	1	4	26	84,62
7						2	3	5	26	80,77
8							2	2	12	83,34

F = Gesamtfehlerzahl, Angeb. = Angebotshäufigkeit

Musterpaar 1 und 2 wurden mit 152 Wahlen am häufigsten dargeboten, Musterpaar 8 mit nur 12 Wahlen am wenigsten. Die Gesamterfolgsquote schwankte bei Versuchstier I zwischen 80,7% und 96,3%. Bei dem 7-fach Test wurde die niedrigste Erfolgsquote mit nur 80,7% erreicht.

Der 3-, 6-, 7- und 8-fach Test galt als nicht mehr bestanden, da die Signifikanzgrenze von 90% nicht erreicht wurde.

Die Fehlerverteilung bei den einzelnen Musterpaaren ist aus Tabelle 8 ersichtlich.

Die Ergebnisse zu den Musterpaaren 1 bis 5 lagen oberhalb der Signifikanzgrenze. Bei den Wiederholungsaufgaben bereitete vor allem Musterpaar 5 große Schwierigkeiten. Im Mehrfachtest wurde es hingegen gut beherrscht. Bei Musterpaar 8 gab es Schwierigkeiten, sowohl im Wiederholungstest, als auch im Mehrfachtest.

Versuchstier II

In den Mehrfachtests wurden von Versuchstier II 630 Wahlen durchgeführt.

Tabelle 9: Fehlerverteilung in den Mehrfachtests

MP	2	3	4	5	6	7	8	F	Angeb.	Erfolgsquote (%)
1	3	1	1	2	2	1	-	10	152	93,43
2	5	3	-	-	1	1	-	10	152	93,43
3		-	2	-	-	1	-	3	108	97,23
4			-	3	3	2	1	9	81	88,90
5				-	-	-	2	2	58	96,50
6					-	1	-	1	26	96,16
7						1	-	1	26	96,16
8							2	2	12	83,40

F = Gesamtfehlerzahl, Angeb. = Angebotshäufigkeit

Bei Versuchstier II galt der 4-fach Test und 8-fach Test nicht mehr als bestanden, da die Ergebnisse unter der Signifikanzgrenze lagen. Im Vergleich zu Versuchstier I erzielte Versuchstier II deutlich bessere Ergebnisse. Die Aufmerksamkeit und Konzentration waren bei diesem Tier höher, obwohl es sich dabei um das anfänglich scheuere Versuchstier handelte.

Die Gesamterfolgsquote schwankte zwischen 83,4% und 97,2%.

Musterpaar 8 hatte auch bei den Wiederholungsaufgaben die längste Nachdressur erfordert.

Tabelle 10: Erfolgsquoten der einzelnen Musterpaare (MP) in den Mehrfachaufgaben. GEQ = Gesamterfolgsquote. Angaben in %

Test	Vt	GEQ	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8
2fach	I	97,5	97,0	98,0						
	II	96,0	97,0	95,0						
3fach	I	98,0	99,0	98,0	97,0					
	II	98,6	99,0	97,0	100,0					
4fach	I	99,2	98,0	100,0	99,0	100,0				
	II	99,2	99,0	100,0	98,0	100,0				
5fach	I	99,0	100,0	99,0	98,0	100,0	98,0			
	II	99,0	100,0	97,0	100,0	100,0	98,0			
6fach	I	98,6	100,0	97,0	100,0	100,0	96,0	99,0		
	II	99,0	100,0	100,0	97,0	100,0	99,0	98,0		
7fach	I	98,1	99,0	99,0	97,0	97,0	99,0	98,0	98,0	
	II	99,1	99,0	99,0	100,0	98,0	99,0	100,0	99,0	
8fach	I	98,8	98,0	97,0	99,0	100,0	100,0	99,0	99,0	99,0
	II	99,2	98,0	100,0	100,0	98,0	98,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle 11: Angebotshäufigkeit der Musterpaare (MP) im entsprechenden Mehrfachtest. Gs = Gesamtläufe

Test	MP1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8	Gs
2fach	45	45							90
3fach	30	30	30						90
4fach	22	22	23	23					90
5fach	18	18	18	18	18				90
6fach	15	15	15	15	15	15			90
7fach	12	12	12	13	13	14	14		90
8fach	10	10	10	12	12	12	12	12	90
Summe	152	152	108	81	58	26	26	12	630

4.6 Ergebnisse zur Anzahl der erlernten Muster

Hierbei ging es um die Frage, ob die Versuchstiere Diskriminationsaufgaben mit Hilfe des positiven bzw. negativen Zeichens lösen, oder ob sie sich nach beiden Anweisern richten. Dazu führte die Versuchsleiterin drei verschiedene Tests an drei aufeinanderfolgenden Tagen durch.

- I Das positive Muster wurde mit einer neutralen weißen Fläche dargeboten.
- II Das negative Muster wurde mit einer neutralen weißen Fläche dargeboten.
- III Die Musterpaare wurden völlig neu gemischt, so daß jeweils ein positives und negatives Muster zusammen kamen.

Eine Antwort zur Klärung dieser Frage lieferte Versuchstier I in den Einfach- und Mehrfachaufgaben. Es wechselte deutlich nach Betrachten des negativen Anweisers auf die andere Seite, um dort die Wahlklappe zu öffnen. Bei Versuchstier II wurde dieses Wechseln nur sehr selten beobachtet. Meist postierte es sich in einiger Entfernung vor der Versuchsanlage und sprang dann zielstrebig in die Wahlkammer.

4.6.1 Versuchstier I

Test I: Bei der Durchführung dieser Aufgabe machte Versuchstier I lediglich einen Fehler (das entspricht 96,7% Richtigwahlen). Die Neutralfläche bereitete Versuchstier I bei der Entscheidung keinerlei Schwierigkeiten. Die 30 Testläufe wurden in einer Durchschnittszeit von 30 Minuten bewältigt.

Test II: Bei der Darbietung des negativen Anweisers mit der neutralen weißen Fläche machte Versuchstier I ebenfalls nur einen Fehler. Die Testläufe wurden ohne Zögern in einer Durchschnittszeit von 30 Minuten bewältigt.

Test III: Bei diesem Test wurde ein erhöhtes Absichern und Wechseln beobachtet. Die Aufmerksamkeit schien gesteigert. Versuchstier I unterliefen

in diesem Test zwei Fehler. Der Test galt also noch als bestanden. Die benötigte Durchschnittszeit betrug 35 Minuten.

Die Darbietung zweier negativer Anweiser bzw. zweier positiver wurde von der Versuchsleiterin nicht durchgeführt. Sie wollte die Versuchstiere nicht völlig irritieren, um nicht eine Addressur der bereits erlernten Musterpaare zu riskieren.

4.6.2 Versuchstier II

Test I: Versuchstier II ließ sich durch die neutrale Fläche nicht verwirren. Es wählte sicher das Musterpaar. Die Versuchsleiterin beobachtete bei ihm kein Absichern und Wechseln. Die 30 Testläufe wurden zu 100% bestanden. Die benötigte Zeit betrug 32 Minuten.

Test II: Hierbei wählte Versuchstier II nie den negativen Anweiser. Es sprang stets in die Wahlkammer mit dem neutralen weißen Anweiser. Dies bedeutet, daß es den negativen Anweiser auch ohne den dazugehörenden positiven Anweiser erkannte. Die benötigte Zeit betrug 28 Minuten mit einer 100% richtigen Wahl.

Test III: Auch nachdem die Musterpaare untereinander gemischt waren, bedeutete dies für Versuchstier II keine Schwierigkeit. Die Versuchsleiterin beobachtete zweimal einen Wechsel. Versuchstier II war bei der Durchführung dieses Tests sehr aufmerksam. In einer Zeit von 35 entschied sich Versuchstier II zu 100% richtig.

Tabelle 12: Testergebnisse

	Test I	Test II	Test III
Versuchstier I	1 F / 25 Min.	1 F / 30 Min.	2 F / 35 Min.
Versuchstier II	0 F / 32 Min.	0 F / 28 Min.	0 F / 35 Min.

Tabelle 13: Erfolgsquoten zur Prüfung der Frage nach der Anzahl der erlernten Muster

	Versuchstier I	Versuchstier II
Test I	96,7%	100,0%
Test II	96,7%	100,0%
Test III	93,3%	100,0%

4.6.3 Zusammenfassung und Interpretation

In Test I, bei dem der positive Anweiser mit der neutralen Fläche kombiniert wurde, wählten Versuchstier I mit einem Fehler und Versuchstier II fehlerlos. Daraus ergibt sich, daß der positive Anweiser abzüglich des Konfidenzbereiches einwandfrei beherrscht wurde.

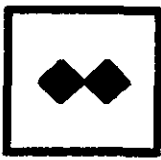
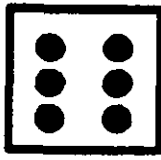
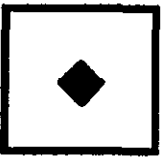
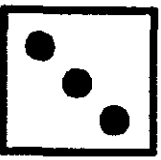
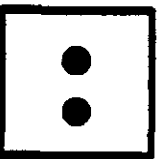
In Test II, bei dem der negative Anweiser mit der neutralen Fläche kombiniert wurde, machten Versuchstier I einen Fehler und Versuchstier II null Fehler. Das heißt, auch hier wurde der negative Anweiser einwandfrei erkannt.

In Test III erreichten Versuchstier I mit 93,3% ein Ergebnis, das als bestanden galt und Versuchstier II mit 100% ein ausgezeichnetes Ergebnis. Dies bestätigt, daß nicht die Kombination der Musterpaare entscheidend für den Lernerfolg der Tiere war, sondern daß die Muster getrennt voneinander erkannt wurden. Es entsprach nicht den Ergebnissen bei Fehringer (1979), bei dem die Versuchstiere sich vorwiegend nach dem positiven Anweiser richteten.

4.7 Ergebnisse der Generalisationsaufgaben

Bei der Generalisationsaufgabe wurde ein Musterpaar zunehmend dahingehend verändert, daß es schließlich stark vom Ursprungsmuster abwich. Transponiert wurde folgende Merkmale in Abwandlung von Musterpaar 1 und 4 (vgl. S.34).

	Positiv	Negativ
Kreis (Ø 9,5cm) Kreuz (2 x 9cm)		
umrandeter Kreis Totenkreuz		
senkrechttes Oval Schrägkreuz		
quer Oval schmal Kreuz		
3 Quadrate 3 Punkte		

	Positiv	Negativ
2 Quadrate 6 Punkte		
1 Quadrat 3 Punkte diagonal		
3 Quadrate senkrecht 2 Punkte senkrecht		

Bei der Auswahl der Muster richtete sich die Versuchsleiterin nach Michael (1987), um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erhalten.

Der positive und negative Anweiser wurden in gleichartiger Weise abgewandelt. Nach den Wiederholungstests wurde mit den Generalisationsaufgaben begonnen.

Wieder wurde die Wahlklappe, die den negativen Anweiser zeigte, verriegelt. Zur Auswertung mußte das Versuchstier fünf mal die Abwandlung des positiven Anweisers wählen, dies entsprach 90%, dann galt die Aufgabe als bewältigt.

4.7.1 Transpositionsaufgabe Kreis/Kreuz

Für das Musterpaar Kreis/Kreuz wurden beide Merkmalszeichen in je vier Varianten abgeändert (weißer Kreis, Ring, senkrecht Oval, waagrecht Oval, weißes Kreuz, T Kreuz, schräges Kreuz, schmales Kreuz).

Tabelle 14: Fehlerverteilung bei der Transpositionsaufgabe Kreis/Kreuz

1. Tag	Versuchstier I	1 F (weißes Kreuz)
	Versuchstier II	0 F
2. Tag	Versuchstier I	2 F (Ring, weißes Kreuz)
	Versuchstier II	1 F
3. Tag	Versuchstier I	0 F

Die in der Tabelle 14 aufgeführten Ergebnisse ergaben sich aus drei Versuchstagen mit jeweils 30 Wahlen. Bei Darbietung der abgewandelten Zeichen waren beide Versuchstiere sehr aufgeregt und gaben fauchende Laute von sich. Sie waren dennoch bereit, bei den Versuchen mitzumachen.

Es zeigte sich, daß beide Versuchstiere Schwierigkeiten mit dem Anweiser weiß Kreuz und dem Muster Ring hatten.

Versuchstier II hatte bei Auswertung der Ergebnisse das bessere Generalisationsvermögen. Versuchstier I wählte bei weiß Kreuz und Ring drei Mal falsch. Bei Versuchstier I lag die Gesamterfolgsquote bei 90%, Versuchstier II hingegen erreichte eine Gesamterfolgsquote von 93,3%.

Die Transpositionsversuche der Kreis/Kreuz Aufgabe zeigten, daß die Versuchstiere trotz anfänglicher Irritation über ein Abstraktionsvermögen verfügen.

4.7.2 Transpositionsaufgabe Quadrat/Sechspunkt

Als zweites wurde Musterpaar Quadrat/Sechspunkt transformiert. Nach Ansicht der Verfasserin hätten weitere Transpositionen die Versuchstiere überfordert. Aus diesem Grund wählte sie die Musterpaare, die von den Versuchstieren am besten beherrscht wurden, zur Transposition.

Wie in Tabelle 15 ersichtlich, hatten die Versuchstiere Schwierigkeiten mit waagerecht/Dreipunkt und senkrecht/Zweipunkt. Beide Tiere machten bei der Abwandlung des Ursprungsmusters, 6 Punkt in Reihe, einen Fehler. Sie schienen sehr konzentriert und bei Versuchstier I wurden häufige Wechsel beobachtet. Die Erfolgsquote lag für beide Tiere bei 98,9%.

Tabelle 15: Ergebnisse der Transpositionsversuche mit
Quadrat/Sechspunkt

1. Tag	Versuchstier I	0 F
	Versuchstier II	1 F (senkrecht 2 Punkte)
2. Tag	Versuchstier I	0 F
	Versuchstier II	0 F
3. Tag	Versuchstier I	1 F (waagerecht 3 Punkte)
	Versuchstier II	0 F

Tabelle 16: Gesamterfolgsquote (GEQ) in % für die einzelnen
Generalisationsmusterpaare bei beiden Versuchstieren

Musterpaar	Versuchstier I	Versuchstier II
1 a	100,0	100,0
2 a	96,7	96,7
3 a	100,0	100,0
4 a	100,0	100,0
5 b	93,4	96,7
6 b	100,0	100,0
7 b	100,0	100,0
8 b	100,0	100,0
I a	100,0	100,0
II a	100,0	100,0
III a	100,0	100,0
IV a	100,0	100,0
V b	96,7	100,0
VI b	100,0	100,0
VII b	100,0	100,0
VIII b	100,0	96,7

4.7.3 Zusammenfassung, Interpretation und Erörterung des Abstraktionsvermögens

Wird ein abgewandeltes Muster wiedererkannt, so beruht dies auf Abstraktion, Generalisation oder auf dem ungenauen Erfassen einer Einzelheit. Die Transpositionsleistungen beruhen darauf:

- I daß eine Teilkomponente des Ausgangsmusters die Reaktion des Tieres bestimmt
- II daß die Relation, d.h. (heller, dunkler, größer, kleiner) die Reaktion des Tieres bestimmt
- III eine echte Generalisation vorliegt, d.h. auf Grund eines relativ abstrakten Gedächtnisinhaltes gewählt wird
- IV daß kombiniert bzw. spekuliert wird (dem Menschen eigen).

Beide Versuchstiere hatten Schwierigkeiten mit dem Musterpaar 2a (Ring), da bei diesem nur noch eine Teilkomponente des Ausgangsmusters zu erkennen war. Das galt auch für Musterpaar 5b (weißes Kreuz). Hier war die Relation bestimmend für die Reaktion beider Tiere (Schwarzkontrast hatte stark zugenommen).

Die Punkt und Quadrat Mustertranspositionen waren ebenfalls Generalisationsformen, weil diese durch mehr oder weniger gleichbleibende Anordnungen der Punkte bzw. Quadrate gekennzeichnet waren.

Ein weiteres Kriterium wäre die Mengenerfassung (Punkt/Quadrat) gewesen. Es handelte sich hierbei um Generalisationsformen von I und II. Die dritte Form III der Generalisation konnte nicht nachgewiesen werden. Nach Auffassung der Versuchsleiterin ist das Generalisationsvermögen bei den Parma Känguruhs nicht stark ausgeprägt.

Die Tiere zeigten bereits bei der zweiten Transponierung der Musterpaare Erkennungsschwierigkeiten. Die Versuchsleiterin ist der Auffassung, daß weitere Transpositionen die Tiere überfordert hätten. Die Versuchstiere wurden stark von einer schwarz/weiß Umkehrung und einer Verminderung der Punktzahl irritiert. Hingegen machte die Seitenverschiebung schräges Kreuz den Versuchstieren keine Schwierigkeiten.

Die Tiere erkannten eine Figur wieder, wenn sie verkleinert, gedreht oder durch Teilkomponenten dargestellt war.

4.8 Ergebnisse der Gedächtnistests

Bei den besprochenen Versuchen wollte die Versuchsleiterin das Erinnerungsvermögen der Parma Känguruhs ermitteln. Erste Hinweise hierfür lieferten bereits die Ergebnisse der Wiederholungsaufgaben. Bei diesen benötigte Versuchstier I 600 Wahlen und Versuchstier II 450 Wahlen.

Bei der Durchführung der Wiederholungsaufgaben beobachtete die Versuchsleiterin, daß einige Musterpaare weniger Nachdressuren erforderten als andere.

Die Gedächtnisleistung stand in engem Zusammenhang mit dem Schwierigkeitsgrad des Musterpaares. Es wurden mehrere Musterpaare nach unterschiedlichen Zeitabständen überprüft. Dabei wurden die Muster bei der Darbietung nicht untereinander gemischt, sondern stets in ihrer Originalkombination den Versuchstieren gezeigt. Die Testbedingungen wurden nicht verändert (wie Einzelaufgaben).

Die Kontrolle des Gedächtnisses fand an drei aufeinanderfolgenden Versuchstagen statt. An jedem dieser Tage wurden 30 Läufe durchgeführt. Danach wurde eine zehntägige Pause eingelegt. Bei größeren Intervallen bestand das Risiko, daß die Versuchstiere die Vertrautheit zur Versuchsleiterin und zum Versuchsablauf verloren hätten. Diese Grenze der Lernbelastung wurde bereits in den Vorversuchen festgestellt. In der dressurfreien Zeit kam die Versuchsleiterin zur zum Füttern. Einen Tag vor Versuchsbeginn wurde die Futterration gekürzt. Die Mitarbeit war am ersten Tag der Gedächtnistests reduziert. Die Versuchstiere benötigten längere Zeitintervalle zur Durchführung der 30 Testläufe als am zweiten und dritten Tag. Die Gedächtnistests fanden am 20., 30., 40., 50. und 60. Tag statt. Insgesamt arbeiteten die Versuchstiere fleißig mit.

Versuchstier I bestand Test 1 und 2. Ab dem 40. Tag (Test 3) lagen die Werte für Versuchstier I unter der Signifikanzgrenze von 90%.

Versuchstier II erreichte nach einer Gedächtnispause von 60 Tagen die Signifikanzgrenze nicht. Alle vorangegangenen Tests (1 bis 4) bestand es mit abnehmender Tendenz.

4.8.1 Versuchstier I

Tabelle 17: Gedächtnistests von Versuchstier I

Test	Pause	Testart	MP	Erfolgsquoten	D
1	20 Tage	8fach	1 - 8	1 d 93,4 % 2 d 93,4% 3 d 93,4%	93,40%
2	30 Tage	8fach	1 - 8	1 d 90,0% 2 d 93,4% 3 d 90,0%	91,13%
3	40 Tage	8fach	1 - 8	1 d 93,4% 2 d 93,4% 3 d 90,0%	92,30%
4	50 Tage	8fach	1 - 8	1 d 86,7% 2 d 90,0% 3 d 90,0%	88,90%
5	60 Tage	8fach	1 - 8	1 d 86,7% 2 d 90,0% 3 d 86,7%	87,80%

d = Tag, MP = Musterpaar, D = Durchschnitt

4.8.2 Versuchstier II

Tabelle 18: Gedächtnistests von Versuchstier II

Test	Pause	Testart	MP	Erfolgsquoten	D
1	20 Tage	8fach	1 - 8	1 d 100,0% 2 d 96,7% 3 d 96,7%	97,80%
2	30 Tage	8fach	1 - 8	1 d 96,7% 2 d 93,4% 3 d 93,4%	94,50%
3	40 Tage	8fach	1 - 8	1 d 90,0% 2 d 90,0% 3 d 93,4%	94,50%
4	50 Tage	8fach	1 - 8	1 d 90,0% 2 d 93,4% 3 d 90,0%	91,10%
5	60 Tage	8fach	1 - 8	1 d 90,0% 2 d 86,7% 3 d 90,0%	88,90%

d = Tag, MP = Musterpaar, D = Durchschnitt

4.8.3 Zusammenfassung und Interpretation

Vergleicht man die Ergebnisse der beiden Versuchstiere miteinander, so erkennt man deutlich, daß Versuchstier II die besseren Gedächtnisleistungen erbringt, was sich auch schon in den zuvor durchgeführten Versuchsserien zeigte.

Ergebnisse der Versuchstiere

Vergleich der positiven und negativen Wahlen der Versuchstiere

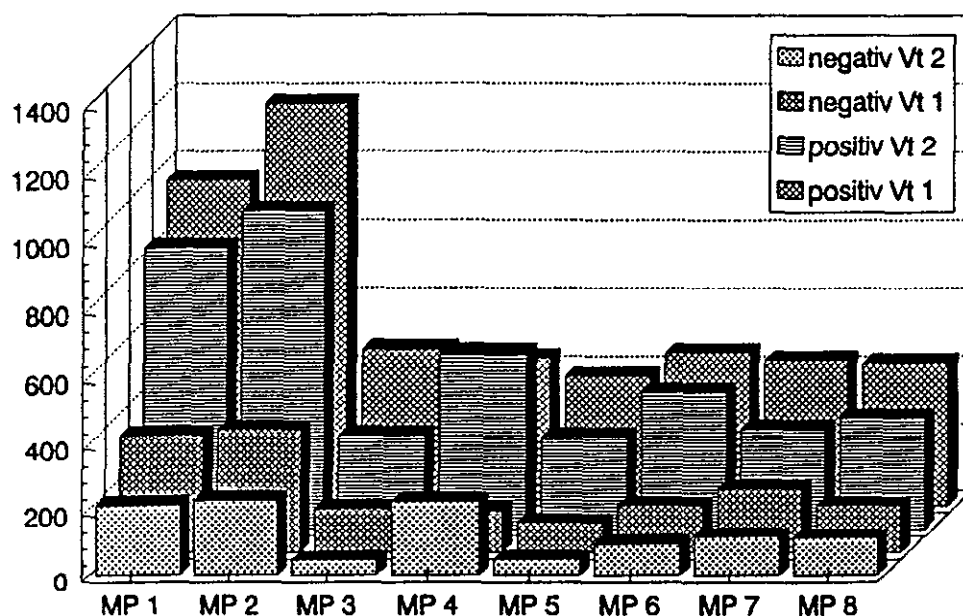


Abb. 28: Ergebnisse der Gedächtnistests

Aus den Gedächtniskurven ist eine abnehmende Gedächtnisleistung bei zunehmenden Zeitintervallen zu erkennen.

Versuchstier I zeigte insgesamt schlechtere Ergebnisse als Versuchstier II. Dies hängt mit der von Anfang an gezeigten geringeren Konzentration zusammen.

Versuchstier II war lange nicht so zutraulich und es kostete es sehr viel mehr „Überwindung“ in die Versuchsanlage zu springen.

Dies war möglicherweise der Grund, warum die Motivation (weniger Fehler) bei Versuchstier II so groß war.

Die Versuchsleiterin richtete ihre Versuchspausen nach den Erfahrungen von Dücker et al. (1974) ein, wonach sich Engramme besser festigen, wenn nach Lernakten Ruhepausen erfolgen.

5 Diskussion

Die in Gruppen lebenden, nachtaktiven Echtkänguruhs gelten nach Moeller (1973) aufgrund ihres Gehirngewichtes und Neencepahlisationsgrades als hoch evoluierte Familie innerhalb der Marsupialia. Die Lernfähigkeit der Parma Wallabys als besonders kleine Art dieser Verwandtschaftsgruppe ist bislang vollkommen unerforscht. Von besonderem Interesse war es daher, die Lerndisposition dieser kleinen Form zu ermitteln.

Nach den vorliegenden Ergebnissen verfügen Parma Känguruhs über ein gut ausgeprägtes visuelles Lernvermögen. Die Diskriminationsaufgaben umfaßten Musterpaare unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades, um den Lernvorgang analysieren sowie mögliche Grenzen des Unterscheidungsvermögens bestimmen zu können.

Bei Musterpaaren mit großen Helligkeitsdifferenzen stellte sich ein Lernerfolg sehr rasch ein, hingegen wurden Formenunterschiede langsamer erfaßt.

Die Laufverzögerung durch die Plexiglasscheibe sowie die hierdurch erzwungene Wartepause an diesem Entscheidungspunkt wirkten sich fördernd auf den Lernerfolg aus. Der Lernvorgang war deutlich in eine Lern- und Kannphase unterteilt. Lag keine Präferenz bezüglich eines der beiden Muster innerhalb eines Musterpaares vor, so war das Verhalten zu Beginn der Lernphase meist durch eine alternierende Wahl der rechten bzw. linken Wahlkammer gekennzeichnet.

Sobald die Assoziation mit dem Positiv- oder Negativmuster annähernd gefestigt war, bestimmten Absichern und Wechseln als Entscheidungsbewegungen das Wahlverhalten. Eine Seitenbevorzugung war nur in der Vorversuchsphase zu beobachten, diese legte sich jedoch während der Hauptversuche völlig.

Aus Lernversuchen mit anderen Säugetieren ist bekannt, daß Tiere individuelle Methoden entwickeln und dazu tendieren, diese auch beizubehalten (Manning 1979). Auch die beiden Versuchstiere entwickelten individuelle Lernstrategien, an denen sie festhielten.

Des weiteren war bei Versuchstier I der Übergang von Lern- zu Kannphase meist fließend, es war nicht möglich, diesen auf den Lauf genau festzustellen, da die Assoziation allmählich gefestigt wurde. Versuchstier II verbesserte hingegen seine Leistungen meist unvermittelt.

Nach neueren Erkenntnissen vollzieht sich in der Lernphase die Überführung von Informationswerten vom Kurzzeitspeicher des Gehirns in den Langzeitspeicher unter Beteiligung elektrophysiologischer und biochemischer Mechanismen (Rahmann 1982).

Die ersten Phasen, die vermutlich elektrophysiologischer Natur sind, lassen sich durch einen labilen, störanfälligen Zustand des Speichers charakterisieren. Dieser geht nach Dücker und Stascheit-Langner (1982) durch einen zeitabhängigen, proteinsynthesegebundenen Prozeß der Konsolidierung in eine langfristige, strukturgebundene Form der Informationsspeicherung über.

Nach Dücker et al. (1979) ist die unmittelbare Übungswiederholung bzw. wiederholte Aufnahme identischer Informationen ein Interferenzfaktor, der das Speichervermögen stören bzw. verzögern kann. Das langsame Erfassen des Lerninhaltes bei Versuchstier I beruht möglicherweise auf der sehr hoch angesetzten Zahl von 30 Läufen pro Tag. Somit hätten möglicherweise durch Übungsreduktion bessere Leistungen erzielt werden können.

Auch andere Autoren stehen einer gehäuften Übungswiederholung kritisch gegenüber, da die Gefahr einer Verringerung der Aufmerksamkeit und damit das Absinken des Motivationsniveaus zu groß sei (Maier und Schneirla 1964).

Fällt die Motivation und damit die Handlungsbereitschaft in der Lernsituation ab, so verringert sich der Umfang des Erlernten. Hinsichtlich der Lernkapazität, d.h. der Quantität und des Komplikationsgrades des Erlernbaren, zeigt sich, daß die Parma Känguruhs, verglichen mit der Lernkapazität bereits untersuchter Meta- und Eutheriaarten, ähnliche Werte aufweisen (vgl. Tab 19). Es war ihnen möglich, acht Musterpaare zu diskriminieren.

Setzt man die durch visuelle Zweifachwahl an Parma Känguruhs gewonnenen Ergebnisse in Vergleich zu den visuellen Lernkapazitäten anderer Säuger, so ergibt sich die in Tabelle 19 dargestellte Aufstellung.

Nach dieser Übersicht liegen die Leistungen der Parma Känguruhs im mittleren Bereich der bislang an Metatheriaarten erzielten Ergebnisse. Der Haarnasenwombat von Michael (1987) übertrifft die in dieser Arbeit untersuchten Tiere deutlich. Ein Vergleich mit den vorliegenden Eutheriaarten ergibt ein in etwa übereinstimmendes Leistungsniveau mit Labormaus (Reetz 1957), Laborratte (Reetz 1957), Zentralamerikanischem Opossum (Major 1987), Hauskaninchen (Kersch 1977), Fuchskusu (Fritsch 1983), Rotem Riesenkänguruh (Neumann 1961) sowie Kanadischem Biber (Schroeder 1994).

Tabelle 19: Vergleich der Lernkapazitäten von Marsupialia und Placentalia. Angabe der Tierart, der Anzahl der jeweils untersuchten Versuchstiere (Anzahl Vt), der Anzahl der beherrschten Musterpaare (Anzahl MP) sowie der Autoren

Tierart	Anzahl Vt	Anzahl MP	Autor
Asiat. Elefant	1	20	Rensch & Altevogt 1958
Hausesel	1	14	Giebel 1958
Hauspferd	1	20	Giebel 1958
Zebra	1	10	Giebel 1958
Weißes Maus	10	6	Boxberger 1953
Weißes Ratte	10	6	Boxberger 1953
Labormaus	6 - 10	6 - 8	Reetz 1957
Laborratte	8 - 10	7 - 8	Reetz 1957
Nordopossum	1	1	Neumann 1961
Tupaia	8	2 - 3	Tigges 1964
Wüstenschläfer	2	4	Achauer 1988
Hausschwein	11	2 - 13	Reiher 1969
Hausschwein	1	13	Rudolph 1971
Hauskaninchen	15	2 - 14	Kersch 1977
Halsbandpekari	8	1 - 2	Rudolph 1977
Afr. Zwergziege	9	4 - 5	Fehrer 1979
Großer Tanek	2	0	Achauer 1988
Doria Baumkänguruh	2	5	Kersch 1982
Graues Baumkänguruh	1	5	Kersch 1982
Kowari	3	2	Ruthard 1982
Fuchskusu	1	9	Fritsch 1983
Nordopossum	2	3 - 5	Major 1984
Zentralam. Opossum	5	4 - 7	Major 1987
Rotes Riesenkänguruh	1	7	Neumann 1961
Haarnasenwombat	1	10	Michael 1987
Nacktnasenwombat	3	12 - 13	Michael 1987
Kurzkopfgleitflugbeutler	2	4 - 5	Achauer 1988
Rotes Rattenkänguruh	2	5 - 6	Klamroth 1990
Kanadischer Biber	2	10	Schroeder 1994
Parma Känguruh	2	8	vorliegend

Allerdings können die Ergebnisse dieser Arbeit nicht direkt mit Gedächtnisleistungen z.B. von Ratten (Wincour 1984 und Zornetzer et al. 1982) verglichen werden, da diese aufgrund ihrer kürzeren Lebenserwartung bei zunehmendem Alter eine Atrophie des Hippocampus aufweisen. Im Vergleich zu Ratten ist die Lebenserwartung der Parma Känguruhs mit durchschnittlich 15 Jahren viel höher.

Beim Lerngeschwindigkeitsvergleich aller bisher in Heidelberg durchgeführten Arbeiten, zeigen die Kowaris (Ruthard 1982) die geringste Lerngeschwindigkeit (siehe Abb. 29).

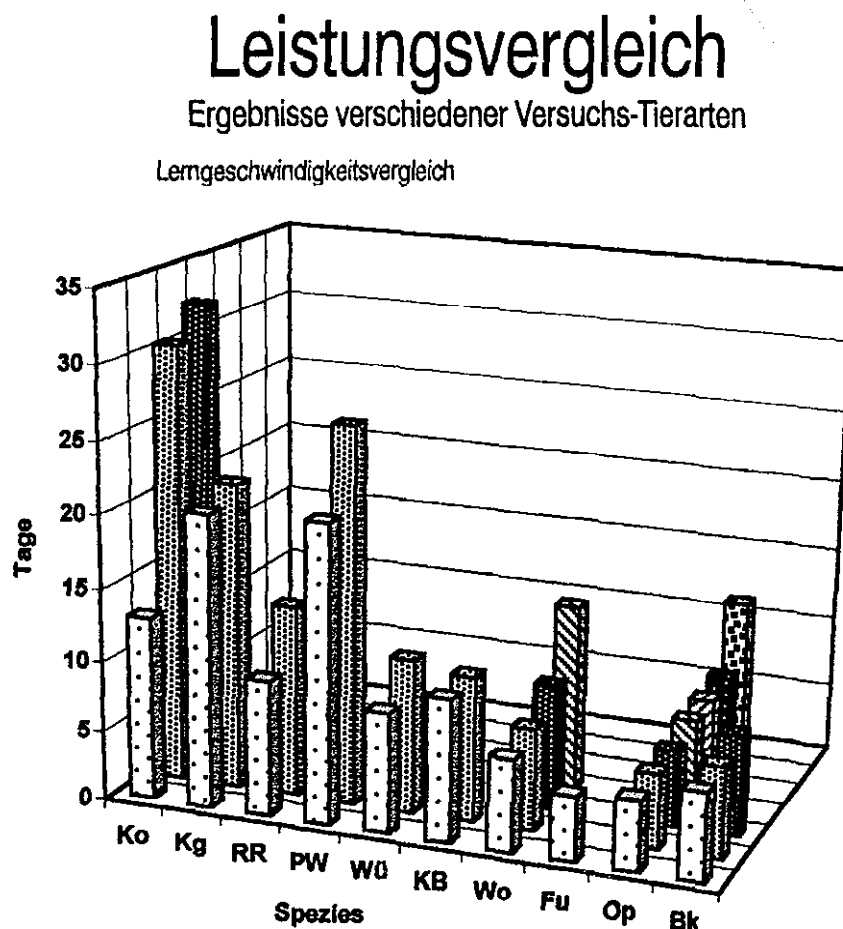


Abb. 29: Vergleich der Lerngeschwindigkeiten von Kowaris (Ko; Ruthard 1982), Kurzkopfgleitflugbeutler (Kg; Achauer 1988), Roten Rattenkänguruhs (RR; Klamroth 1990), Parma Wallabies (PW), Wüstenschläfern (Wü; Achauer 1988), Kanadischen Bibern (KB; Schroeder 1994), Wombats (Wo; Michael 1987), Fuchskusu (Fu; Fritsch 1983), Opossums (Op; Major 1987) und Baumkänguruhs (Bk; Kersch 1982).

Am schnellsten lernten der Fuchskusu (Fritsch 1983) mit durchschnittlich 4,6 Serien. Leider fehlt hier ein Vergleich zu einem zweiten Versuchstier. Die Lerngeschwindigkeiten der Parma Wallabys in der vorliegenden Untersuchung lagen zwischen den Werten von Kowari (Ruthard 1982) und Kurzkopfgleitflugbeutler (Achauer 1988).

Beim Vergleich verschiedener Tierarten an Hand von Lernphänomenen ist das Ausmaß, mit dem diese Arten durch Erfahrung und Vernunft lernen, sehr unterschiedlich. Darüber hinaus variieren sie im Hinblick auf ihr ökologisches Umfeld und ihre Evolutionsgeschichte. Von daher ist es möglich, daß die natürliche Selektion die Lernfähigkeit einer Art auf ihre ökologische Nische abstimmt. Einige Psychologen, wie z.B. Dickinson (1980), gehen von einem grundlegenden assoziativen Lernmechanismus der Tierarten aus, demzufolge Informationen über Kausalzusammenhänge der Umwelt wahrgenommen und gespeichert werden.

Dies schließt nicht aus, daß einige Tierarten ein breiteres Spektrum an Lernfähigkeiten besitzen als andere. Schwierig ist es abzuschätzen, in welchem Ausmaß die Lernfähigkeit einer Tierart ausgeprägt ist, da eine Gegenüberstellung potentieller Lernleistungen und die Zuordnung phylogenetisch unterschiedlicher Entwicklungsstufen nur begrenzt möglich sind.

Die Versuche der vorliegenden Arbeit wurden anhand eines exakt nachvollziehbaren, vorgegebenen Versuchsaufbaus durchgeführt. Wichtig war es dabei, die Motivation der Versuchstiere auf einem hohen Niveau zu halten, was anhand von Futter, welches als positiver Verstärker diente, bewerkstelligt wurde.

Wenn die Tiere hungrig waren, ergab es sich automatisch aus ihrem natürlichen Verhaltensrepertoire, daß sie gut mitarbeiteten. Nach Ansicht der Verfasserin wären daher ohne diesen Verstärker nicht solche Ergebnisse erzielt worden. Es ist allgemein bekannt, daß außer Hunger auch Neugier, Erkundungsdrang und soziale Motivation für operantes Lernen eine Rolle spielen.

Auch Bitterman (1965) steht einem Leistungsvergleich im Hinblick auf Rückschlüsse bezüglich des Evolutionsniveaus generell kritisch gegenüber, da sich seiner Meinung nach die drei Variablen Sinnesausstattung, Aktivität und Motivationsniveau im Experiment nicht für alle Versuchstiere optimieren bzw. egalisieren lassen und folglich nicht von gleichen Voraussetzungen ausgegangen werden kann.

Dennoch muß den Parma Känguruhs trotz der kritischen Anmerkungen

eine gute Lernfähigkeit für visuelle Diskrimination zugesprochen werden.

Ein bemerkenswertes Ergebnis der Dressurversuche ist auch hier wieder die Erkenntnis, daß Tiere zu Leistungen fähig sind, die man als spezifisch menschliche „höhere Hirnleistung“ einzustufen pflegt. Dies gilt für die Fähigkeit der Abstraktion bzw. Generalisation.

Im Hinblick darauf sollte geprüft werden, ob die Versuchstiere die Muster auch bei Abwandlung wieder erkannten. Es galt herauszufinden, welches die entscheidenden Merkmale für das Wiedererkennen waren. Es liegen bereits viele Veröffentlichungen über das Transpositionsvermögen bei Tieren vor, so beispielsweise für Affen (Lehr 1967), Einhufer (Giebel 1958), Elefanten (Rensch und Altevogt 1953, 1955), Hausrinder (Laube 1980), Ziegen (Fehringer 1979), Zibetkatzen (Rensch und Dücker 1959), Kanadischen Bibern (Schroeder 1994), Labor- und Hausratten (Jander und Quadango 1974), Wüstenschläfern (Achauer 1988), Wombats (Michael 1987), Kurzkopfgleitflugbeutler (Achauer 1988), Opossums (Major 1984) und Rote Rattenkänguruhs (Klamroth 1990).

Es stellte sich heraus, daß die Parma Känguruhs in der Lage waren, Übereinstimmungen in ähnlichen Figuren zu erkennen (sie abstrahieren <dies ist jenem gleich>). Versuchstier II schnitt bei diesen Versuchen besser ab als Versuchstier I. Beide hatten jedoch besondere Schwierigkeiten bei der Umkehr der Zeichen. Reetz (1957) und Lemke-Pitschke (1970) beobachteten dies ebenfalls.

Das Transpositionsvermögen der beiden untersuchten Parma Känguruhs reichte nicht an die Leistungen von Zibetkatzen (Rensch & Dücker 1959) oder Affen und Halbaffen (Lehr 1967) und Wombats (Michael 1987) heran.

Nach McFarland (1989) erbringen Tiere zu verschiedenen Zeiten ihrer Entwicklung verschiedene (Lern-)Leistungen. Es erscheint daher sehr wahrscheinlich, daß bei Verwendung von jüngeren Versuchstieren - das Alter der Parma Känguruhs betrug bei Versuchsbeginn ca. 1,5 Jahre - es möglich gewesen wäre, noch bessere Ergebnisse zu erzielen.

Es erscheint sinnvoll, die Untersuchungen zu Lernkapazität, Generalisationsvermögen und Gedächtnisdauer durch weitere Studien in Form von Umkehrlernversuchen und Labyrinthexperimenten zu ergänzen und darüberhinaus um olfaktorische und akustische Diskriminationsversuche zu erweitern. Dies würde einen noch vollständigeren Einblick in das Lernvermögen dieser interessanten Beuteltierart gestatten.

Die Wahl der visuellen Assoziationsexperimente war für die Parma Wal-

labys gut geeignet, da sie tagaktiv sind. Grund für die Wahl der visuellen Unterscheidungsmethode waren der seit Jahren bewährte Versuchsaufbau sowie umfangreiches Vergleichsmaterial.

Es läßt sich feststellen, daß das Parma Känguruh nach den vorliegenden Ergebnissen als eine hochentwickelte Art innerhalb der Marsupialia eingestuft werden muß. Für die Verfasserin war es erstaunlich, daß zwei sehr scheue 1,5 Jahre alte Tiere, die an den Menschen nicht gewöhnt waren, über einen langen Zeitraum der Vertrauensentwicklung zu solchen Leistungen zu motivieren waren. Es ist auch hier zu vermuten, daß die zentralnervösen Leistungen auf das „absolut“ größere Gehirn mit hohem Neencephalisationsgrad zurückzuführen sind. Zu bemerken ist aber, daß die Größe des Gehirns allein kein ausreichendes Kriterium für die Fähigkeit seines Trägers ist, neue Umweltgegebenheiten oder, wie in diesem Fall, Lernsituationen bewältigen zu können.

Es erscheint sinnvoll, weitere Untersuchungen an Meta- und Eutheria durchzuführen, da nur eine große Datenmenge Erkenntnisse über das breite Überschneidungsfeld von Marsupialia und Placentalia bezüglich des Leistungsniveaus ihrer Gehirne liefert.

6 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit war es, die Leistungsfähigkeit bei den Parma Wallabys anhand der Parameter Lernkapazität, Generalisationsvermögen und Gedächtnisdauer zu untersuchen.

Die Versuche wurden mittels eines vorgegebenen Versuchsaufbaus mit zwei Versuchstieren durchgeführt. Es fand eine optische Zweifachwahl verschiedener Musterpaare statt. Folgende Ergebnisse wurden erzielt: Versuchstier I erlernte acht Musterpaare in 6330 und Versuchstier II acht Musterpaare in 4880 Läufen. Während Versuchstier I durchschnittlich 791 Läufe pro Musterpaar benötigte, kam Versuchstier II mit durchschnittlich 623 Läufen pro Musterpaar aus.

Bei der Durchführung der Wiederholungsaufgaben waren bei Versuchstier I 600 Läufe nötig, bei Versuchstier II hingegen nur 400 Läufe. Die beiden Versuchstiere beherrschten insgesamt 16 einzelne Muster, unabhängig davon, ob es sich um einen positiven oder negativen Anweiser handelte. Bei der Darbietung mehrerer Merkmalspaare (Mehrfachtest) sahen die Leistungen wie folgt aus: Versuchstier I hatte Erfolgsquoten von 80,7% bis 96,3%; als nicht bestanden galten der drei-, sechs-, sieben- und achtfach Test. Versuchstier II hatte Erfolgsquoten von 83,4% bis 97,2%; als nicht bestanden galten der vier- und achtfach Test. Bei der Generalisationsaufgabe wurden Musterpaar 1 und Musterpaar 4 transponiert und in Flächengröße und Form verändert, zergliedert oder als Umrißfiguren geboten. Selbst bei der Darbietung von Teilkomponenten des ursprünglichen Musters war es den Versuchstieren möglich, zu transponieren. Versuchstier I erreichte bei Musterpaar 1 eine Gesamterfolgsquote von 90% und bei Musterpaar 4 eine Gesamterfolgsquote von 98,9%. Versuchstier II erreichte bei Musterpaar 1 eine Gesamterfolgsquote von 93,3% und bei Musterpaar 4 eine Gesamterfolgsquote von 98,9%.

Die Kontrolle des Gedächtnisses ergab, daß Versuchstier I ab dem 40. Tag und Versuchstier II ab dem 60. Tag die Signifikanzgrenze nicht mehr erreichten.

Die zentralnervösen Leistungen der Parma Känguruhs entsprachen im Vergleich zu anderen Spezies denen der Baumkänguruhs. Sie lagen über den Werten von Rattenkänguruh, Wüstenschläfer, Kurzkopfgleitflugbeutler, Kowari und Opossum, erreichten jedoch nicht die Leistungen von Fuchskusu und Wombat.

7 Summary

The aim of this study was to investigate the learning ability of the Parma wallabies with the help of the parameters learning capacity, generalization ability and memory duration.

The investigation was accomplished by a given method with two animals. A visual two-choice discrimination method of several pattern pairs took place. The following results were obtained: animal I learned to discriminate eight pattern pairs within 6330 trials and animal II was able to discriminate eight pattern pairs within 4880 trials. Animal I required an average of 791 trials per pattern pair whereas animal II needed only 623 trials.

Repeating the pattern pairs animal I required 600 trials whereas animal II needed only 400 trials. Both animals were able to discriminate 16 single patterns despite of the positive or negative character of the stimuli.

Offering several pairs of stimuli (multiple test), the following results were obtained: 80.7% to 96.3% successful trials of animal I; it failed the 3 times test, 6 times test, 7 times test and 8 times test. Animal II obtained 83.4% to 97.2% successful trials, it did not fulfil the learning criterion of the 4 times test and 8 times test.

The pattern pairs no. 1 and no. 4 were transposed, their patterns and square dimensions were changed, dissected, or only their outlines were offered. Even at presentation of parts of the patterns the animals were able to transpose. Animal I obtained 90% successful trials using pattern pair no. 1, and 98.9% with pattern pair no. 4 offered. Animal II achieved 93.3% and 98.9% in the cases of pattern pairs no. 1 and no. 4.

Control of memory showed animal I failing the criterion at day 40, while animal II failed at day 60.

The results achieved by the Parma wallabies were better in comparison to those of rufous bettong, sugar glider, kowari and opossum, but poorer compared to those of common brushtail possum, and wombat.

8 Literaturverzeichnis

- Achauer, B. 1988. Vergleichende Untersuchungen zum visuellen Lernvermögen des Kurzkopfgleitflugbeutlers (*Petaurus breviceps*) (Marsupialia: Petauridae) und des Wüstenschläfers (*Eliomys melanurus*) (Rodentia: Gliridae) und zum Lernvermögen des großen Tanreks (*Tenrec ecaudatus*) (Insectivora: Tenrecidae). Dissertation, Universität Heidelberg
- Alcock, J. 1951. Vergleichend-psychologische Untersuchungen an Hühnerrassen stark unterschiedlicher Körpergröße. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 8(1):75-107
- Alcock, J. 1993. *Animal behavior: an evolutionary approach*. Sinauer Associates, Inc.
- Antonius, O. 1933. Einige Schönbrunner Neuerwerbungen 1932/33. *Der Zoologische Garten* 6:244-258
- Bitterman, M.E. 1965a. The evolution of intelligence. *Scientific American* 212(1):92-100
- Bitterman, M.E. 1965b. Phylogenetic differences in learning. *American Psychologist* 20:396-410
- Boxberger, F. von 1952. Vergleichende Untersuchungen über das visuelle Lernvermögen bei weißen Ratten und weißen Mäusen. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 9:433-451
- Buchholz, C. 1973. *Das Lernen bei Tieren*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart
- Dathe, H. 1934. Eine neue Beobachtung des Känguruh Geburtsaktes. *Der Zoologische Garten* 7(7/9):223-224

- Dücker, G. & Rensch, B. 1978. Die Auswirkung der Übungsverteilung auf Lernen und Vergessen bei *Carassius auratus auratus*. Zeitschrift für Tierpsychologie 51:269-281
- Dücker, G. & Stascheit-Langner, M. 1982. The effect of different numbers of trials per day on learning in goldfish. Zoologische Beiträge 28:187-199
- Dücker, G. & Stascheit-Langner, M. 1983. The effect of different number of trials on learning in goldfish. Zoologische Beiträge 28:-187-199
- Dücker, G., Nuttebaum, N. & Schulze, N. 1974. Der Einfluß der Aggression auf Lernen und Vergessen beim Kampffisch *Betta splendens* (Pisces, Anabantoidei). Experientia 30(7):747-749
- Fehringer, C. 1979. Versuche zum visuellen Lernen bei afrikanischen Zwergziegen (*Capra hircus* L.). Dissertation, Universität Gießen
- Fiske, J.C. & Potter, G.D. 1979. Discrimination reversal learning in yearling horses. Journal of Animal Science 49(2):583-588
- Fox, M.W. 1975. The wild canids: their systematics, behavioral ecology, evolution. Van Nostrand Reinhold, London
- Friede, A. 1972. Abstraktionsversuche auf „Gleich“ gegen „Ungleich“ mit Dohlen. Zeitschrift für Tierpsychologie 30:383-404
- Fritsch, B. 1983. Untersuchungen zum visuellen Lernvermögen des Fuchskusu (*Trichosurus vulpecula*). Diplomarbeit, Universität Heidelberg
- Giebel, H.-D. 1958. Visuelles Lernvermögen bei Einhufern. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Physiologie 67:487-520

- Grand, T.R. 1974. Observation of enclosed and free ranging grey kangaroos (*M. giganteus*). *Zeitschrift für Säugetierkunde* 39:65-78
- Grigg, G., Jarman, P.J. & Hume, I.D. 1989. Kangaroos, wallabies and rat-kangaroos. Surey-Beatty & Sons, Chipping Norton, New South Wales
- Grzimek, B. 1949. Gedächtnisversuche mit Pferden. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 6:445-454
- Grzimek, B. 1952. Versuche über das Farbensehen von Pflanzenessern. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 9:23-39
- Harder, W., Schäfer, D. & Schmidt, V. 1972. Auswertung von Dressurversuchen (Zweifachwahlversuchen) mit der Sequenzanalyse. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Physiologie* 76:585-592
- Harlow, H.F. 1949. The formation of learning sets. *Psychological Review* 56:51-65
- Hediger, H. 1931. Das Problem des Werfens beim Känguruh. *Der Zoologische Garten* 4:244-246
- Hediger, H. 1958. Verhalten der Beuteltiere. *Handbuch der Zoologie VIII*
- Herter, K. 1931. Dressurversuche mit Igel: II. Form-, Helligkeitsdressuren, Farbunterscheidung, Labyrinthversuche, Rhythmus- und Selbstdressuren. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 21:440-465
- Heubel, F. 1939. Beobachtungen und Versuche über das Sinnesleben und die Intelligenz eines *Macropus giganteus* (Zimmermann). *Bijdragen tot de Dierkunde*:417-436

- Jander, R. & Quadango D.M. 1974. An interval scale for measuring visual pattern discrimination of a mammal (*Rattus norvegicus*). *Behavioral Biology* 12:93-99
- Jarman, P.J. 1986. Grouping, association and reproduction strategies in eastern grey kangaroos. In: Rubenstein, D.I. & Southwell, J. 1986. *Aspects of social evolution*:399-428
- Kersch, R. 1977. Vergleichende Untersuchungen zum Lernverhalten von Hauskaninchenrassen unterschiedlicher Körpergröße. *Säugetierkundliche Mitteilungen* 25(2):114-158
- Kirkpatrick, T.H. 1965. Studies of macropodidae in Queensland and age estimation in the grey kangaroo, the red kangaroo, the eastern wallaroo and the rednecks wallaby, with notes of dental abnormalities. *Queensland Journal of Agriculture and Animal Sciences* 22:301-317
- Kirkpatrick, T.H. 1966. Studies of macropodidae in Queensland. 4. Social organisation of the grey kangaroo (*M. giganteus*). *Queensland Journal of Agriculture and Animal Sciences* 23
- Klamroth, B. 1990. Untersuchungen zum visuellen Lernvermögen des roten Rattenkänguruh (*Aepyprymnus rufescens*). Diplomarbeit, Universität Heidelberg
- Knodel, H. 1970. *Verhalten. Studienreihe Biologie*, Bd.5
- Koller, S. 1969. *Neue graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen*. Steinkopff, Darmstadt,
- Laube, R.B. 1981. Sequenzanalytische Untersuchungen zum visuellen Lernvermögen beim Hausrind (*Bos taurus*). *Zoologischer Anzeiger* 206(5/6):369-378

- Lehr, E. 1967. Experimentelle Untersuchungen an Affen und Halbaffen über die Generalisation von Insekten- und Blütenabbildungen. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 24:208-244
- Lemke-Pischke, H. 1979. Die Auswirkung verschieden langer Andressurzeiten auf das Generalisationsvermögen bei Wellensittichen. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 27:850-872
- Löhmer, R. 1975. Vergleichende Untersuchungen über die Manipulier- und Lernfähigkeit von Waschbären (*Procyon lotor*) und Krabbenwaschbären (*Procyon cancrivorus cancrivorus*). *Zeitschrift für Säugetierkunde* 40:36-49
- McFarland, D. 1989. *Biologie des Verhaltens: Evolution, Physiologie, Psychobiologie*. VCH, Weinheim
- Maier, N.R.F. & Schneirla, T.C. 1964. *Principles of animal psychology*. New York, Dover Publications
- Major, P. 1984. Untersuchungen zum visuellen Lernvermögen von Opossums (*Didelphis virginiana*). Diplomarbeit, Universität Heidelberg
- Major, P. 1987. Visuelles Lernvermögen bei zwei Arten der Gattung *Didelphis* (Marsupialia: Didelphidae) unter Berücksichtigung von Abstraktions- und Gedächtnisleistungen. Dissertation, Universität Heidelberg
- Maynes, G.M. 1973. Reproduction in the parma wallaby. *Australian Journal of Zoology* 21:331-351
- Michael, P. 1987. Untersuchungen zum visuellen Lernverhalten beim Nacktnasenwombat (*Vombatus Geoffroy 1803*) und Breitstirnwombat (*Lasiorninus Gray 1863*). Dissertation, Universität Heidelberg

- Moeller, H.F. 1973. Zur Evolutionshöhe des Marsupialiergehirns. Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Anatomie 91:434-442
- Moeller, H.F. 1974. *Macropus giganteus* (Macropodidae): Nahrungsaufnahme. IWF Göttingen, Begleitveröffentlichung zum Film E 1065
- Moeller, H.F. 1975. Sind die Beutler den plazentalen Säugern unterlegen? Säugetierkundliche Mitteilungen 23(1):19-29
- Moeller, H.F. 1978. Sind die Marsupialia spezialisiert oder höher entwickelt? Sonderbände des naturwissenschaftlichen Vereins Hamburg 3:35-40
- Moeller, H.F. 1981. Australische Beuteltiere. IWF Göttingen, Begleitveröffentlichung zum wissenschaftlichen Film, Sektion Biologie Serie 14, Film C 1270
- Moeller, H.F. 1997. Der Beutelwolf. Die Neue Brehm-Bücherei 642, Vestarp Wissenschaften, Magdeburg
- Nachtigall, W. 1984. Verhaltensphysiologischer Grundkurs: Theorie, Beobachtung, Messung, Auswertung. 2. Aufl., VCH, Weinheim
- Neumann G.-H. 1961. Die visuelle Lernfähigkeit primitiver Säugetiere. Zeitschrift für Tierpsychologie 18(1):71-83
- Oliver, A.J. 1986. Social organisation and dispersal in the red kangaroo. Ph. D. Thesis, Murdoch University, Western Australia
- Osche, G. 1972. Evolution, Erkenntnisse, Entwicklungen der Abstammungslehre. Herder-Verlag, Freiburg-Basel-Wien
- Priddel, D. 1987. The mobility and habitat utilisation of kangaroos. In: Caughley et al. Cambridge University Press: Cambridge

- Reetz, W. 1957. Unterschiedliches visuelles Lernvermögen von Ratten und Mäusen. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 14:341-361
- Reiher, E.-G. 1969. Sinnersphysiologische und lernpsychologische Untersuchungen an Schweinen. *forma et functio* 1:353-404
- Rensch, B. & Altevogt, R. 1953. Visuelles Lernvermögen eines indischen Elefanten. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 10:119-134
- Rensch, B. & Altevogt, R. 1955. Das Ausmaß visueller Lernfähigkeit eines indischen Elefanten. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 12:-68-76
- Rensch, B. & Dücker, G. 1959. Versuche über die visuelle Generalisation bei einer Schleichkatze. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 16:-671-692
- Rensch, B. 1953. Neuere Untersuchungen über transspezifische Evolution. *Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft, Freiburg*:379-408
- Rensch, B. 1958. Die Abhängigkeit der Struktur und der Leistungen tierischer Gehirne von ihrer Größe. *Die Naturwissenschaften* 45(7):145-154
- Rensch, B. 1965. Die höchsten Hirnleistungen der Tiere. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 18:91-101
- Rowe, M. 1996. Sensorimotor cortical organisation: how do marsupials compare with other mammals. In: Croft, D.B. & Gansloßer, U. (1996). *Comparison of marsupial and placental behaviour*. Filander Verlag
- Rudolph, E. & Rudolph, R. 1971. Long-term memory for visual discriminanda in pigs. *forma et functio* 5:121-124

- Ruthhardt, M. 1982. Untersuchungen zum visuellen Lernvermögen der Doppelkammschwanz-Beutelmaus (*Dasyuroides byrnei*, Marsupialia: Dasyuridae). Diplomarbeit, Universität Heidelberg
- Saxena, A. 1960. Lernkapazität, Gedächtnis und Transpositionsvermögen bei Forellen. Zoologische Jahrbücher, Abteilung Allgemeine Zoologie 69:63-94
- Schäfer, M.W. 1980. Lernleistung freilebender Braunbrustigel (*Erinaceus europaeus* L): Manipulation, Labyrinth, Diskrimination. Zeitschrift für Säugetierkunde 45:257-268
- Schmidt, U. 1979. Untersuchungen zur visuellen Musterunterscheidung bei Laborratten. Zeitschrift für Säugetierkunde 44(4):201-207
- Schürer, U. 1978. Ruheverhalten von Känguruhs (Macropodidae). Dissertation, Universität Berlin
- Schürer, U. 1981. Beobachtungen an Kletterbeutlern. Bongo Berlin 5:61-72
- Sharman, G.B. 1964. Reproductive behavior in the red kangaroo, *Macropus rufus*, in captivity. Wildlife Research 9:58-85
- Short, J. 1987. Factors affecting food intake of rangeland behaviors. In: Caughley et al., Cambridge University Press: Cambridge
- Southwell, C.J. 1981. Sociology of the eastern kangaroos *Macropus giganteus*. Ph. D. Thesis, University of New England, Armidale, N.S.W., Australia
- Strahan, R. 1995. The mammals of Australia. Australian Museum/Reed Books

- Tembrock, G. 1992. Verhaltensbiologie. 2. Aufl., G. Fischer Verlag, Jena
- Thorndike, E.L. 1932. Reward and punishment in animal learning. Comparative Psychology 8, No. 39
- Throughton, E. 1967. Furred animals of Australia. Angus & Robertson, Sydney-London-Melbourne
- Tigges, J. 1964. On visual learning capacity, retention and memory in *Tupaia glis* Diard, 1820. Folia primat. 2:232-245
- Van Hof, M.W. 1966. Discrimination between strated patterns of different orientation in the rabbit. Vision Research 6:89-94
- Wesley, F. & Klopfer F.D. 1962. Visual discrimination learning in swine. Zeitschrift für Tierpsychologie 19:93-104
- Winocur, G. 1984. The effects of retroactive and proactive interference on learning and memory in old and young rats. Developmental Psychobiology 17(5):537-545
- Young, D. 1989. Nerve cells and animal behavior. Cambridge University-Press, Cambridge, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney
- Zornetzer, S.F. 1982. Rapid forgetting in aged rats. Behaviour and Neural Biology 36:49-60

Danksagung

An erster Stelle möchte ich meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr. H. F. Moeller (Heidelberg), für die Anregung zu dieser Untersuchung sowie für seine hilfreiche Unterstützung bei der Anfertigung der Arbeit danken.

Des weiteren gilt mein Dank Herrn Professor Dr. G. Hummel, der die Arbeit vor dem Fachbereich Veterinärmedizin an der Justus-Liebig-Universität Gießen vertreten hat.

Ebenso danke ich dem Dortmunder Zoo für die großzügige Überlassung der Tiere während meines Untersuchungszeitraumes.

Allen Mitarbeitern der Abteilung für Wirbeltiermorphologie, vor allem dem Tierpfleger Herrn Manser, bin ich für die tatkräftige Unterstützung bei der Haltung der Tiere zu Dank verpflichtet.

Mein Dank gilt schließlich im besonderen Maße meinen Eltern, ohne deren Unterstützung mein Vorhaben nicht möglich gewesen wäre.