

4 Tiere, Material und Methoden

In drei identischen Versuchsdurchgängen wurden Käfigraumausnutzung und räumliche Verteilung des Verhaltens bei weiblichen Wistar-Ratten in sechs verschiedenen Käfigtypen, die sich in Grundfläche und Wandfläche voneinander unterschieden, über jeweils 18 Wochen untersucht. Die Analyse der Aufenthaltsverteilung auf der Käfigfläche und der räumlichen Verteilung von 10 verschiedenen Verhaltenstypen erfolgte anhand von Videoaufnahmen. Das Ausscheidungsverhalten konnte auf den Videos nicht erkannt werden. Daher wurde die Verteilung des Kotes mit Hilfe von Fotografien, die von den benutzten Käfigen angefertigt wurden, ermittelt. Am Ende jedes Versuchsdurchganges wurden außerdem in zusätzlichen Versuchsreihen die Verteilung von Urin und Futterpellets sowie die Verteilung von Zellstoff auf der Käfigfläche untersucht.

Neben diesen Verhaltensuntersuchungen wurden auch die Körpergewichtsentwicklung sowie Futter- und Wasserverbrauch ermittelt.

Es wurde streng darauf geachtet, daß die Haltungsvervariablen möglichst gleich gehalten wurden.

4.1 Tiere

Insgesamt wurden 54 weibliche Albinoratten des Auszuchtstammes Han:Wistar im Alter von 21 Tagen aus der Zentralen Versuchstierzucht des Bundesinstitutes für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV, ehemals Bundesgesundheitsamt) in Berlin übernommen.

Die Untersuchung erfolgte in drei gleichen Durchgängen mit jeweils 18 Tieren. Die Versuchsgruppen wurden systematisch genetisch balanciert zusammengestellt (RAPP & DEERBERG, 1987): Für jeden Durchgang wurden sechs Schwestern aus drei Würfen am Tag der Ankunft so (per Zufallslos) auf die sechs verschiedenen Käfigtypen verteilt, daß in jeden Käfig je ein Tier aus einem der drei Würfe kam (Abbildung 4.1). Die weitere Haltung erfolgte in diesen stabilen Dreiergruppen.

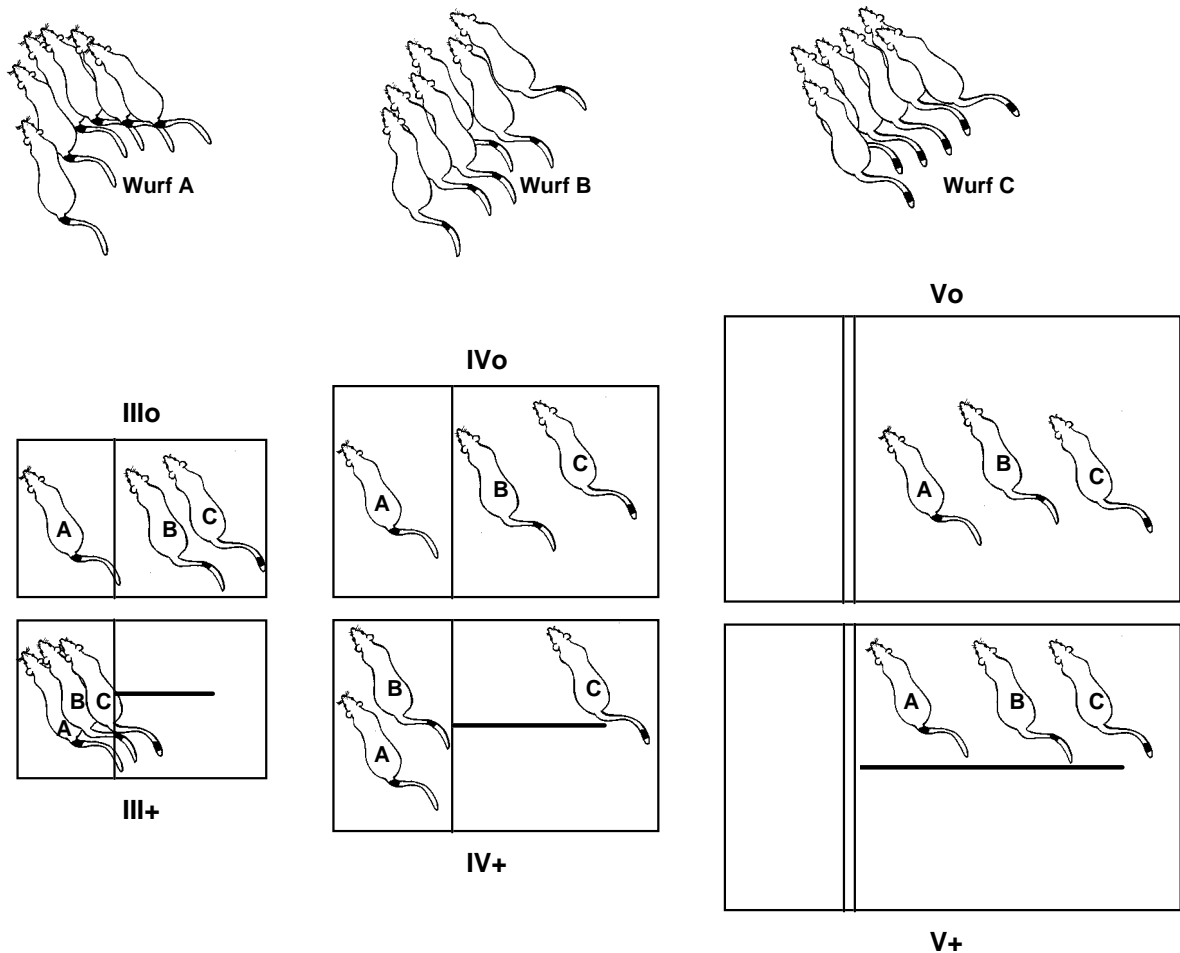


Abbildung 4.1 Verteilung der Ratten auf die verschiedenen Käfigtypen

4.2 Haltung

4.2.1 Käfige

Die Tiere wurden in sechs verschiedenen Käfigtypen gehalten, die sich in der Käfigfläche bzw. durch Einfügen einer Raumstruktur (Trennwand) unterschieden. Die Käfige waren modifizierte Standard-Makrolon®-Käfige des hohen Typ III und des Typ IV sowie eine Sonderanfertigung, „Typ V“ genannt. Alle Käfige hatten die gleiche Höhe. Das Verhältnis der Fläche des Typ V zur Fläche des Typ IV entsprach etwa dem Verhältnis der Fläche des Typ IV zu der des Typ III. Bei allen Käfigen stimmte das Verhältnis Länge zu Breite etwa überein (Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1 Maße der Käfige der Standardgrößen III und IV sowie der Sondergröße V

	Länge* [cm]	Breite* [cm]	Fläche* [cm ²]	Höhe [cm]	Länge/Breite
Typ III	37,5	21	787,5	19	1,8
Typ IV	55	33	1815	19	1,7
Typ V	80	47,5	3800	19	1,7

*= gemessen innen in Strehöhe

Alle Käfige waren mit einem besonderen Deckel ausgestattet: Das Metallgitter der Standarddeckel wurde hinter der Raufe abgeschnitten und durch eine Platte aus durchsichtigem, leicht blau getönten PVC ersetzt. In den Deckel des Typ V wurde eine Raufe des Typ IV eingebaut. In die Käfigwände wurden Belüftungslöcher gebohrt. Außerdem wurden Käfige der drei Größen mit einer Trennwand aus undurchsichtigem grauen PVC versehen, um die Wandfläche zu vergrößern. Diese Trennwand reichte von der Raufe bis 6 cm (eine „Rattenbreite“) vor das Käfigende (siehe Abbildung 4.5). Die Sonderanfertigungen und die Modifikation der Käfige erfolgte in der Werkstatt des Universitätsklinikums Benjamin Franklin, Berlin.

4.2.2 Raum

Die Haltung und Untersuchung fand in einem Tierraum der Zentralen Tierlaboratorien der Freien Universität Berlin statt.

Raumklima

Die Haltungsbedingungen entsprachen den Angaben in den „Leitlinien für die Unterbringung und Pflege von Tieren“, Anhang A des Europäischen Übereinkommens (1986) bzw. Anhang II der EG-Richtlinie (Richtlinie des Rates, 1986).

Temperatur: 22 +/- 2°C

Relative Luftfeuchte: 40 - 50 %

Luftwechsel: 16fach pro Stunde

Beleuchtung: Hell-Dunkel-Wechsel alle 12 Stunden, Dimmerphase jeweils 10 Minuten, Hellphase 6.00 - 18.00 Uhr (MEZ, keine Umstellung auf Sommerzeit), Lichtintensität in den Käfigen ca. 100 lx, in der Dunkelphase schwache Rotlichtbeleuchtung.

Einrichtung

Die sechs verschiedenen Käfige waren in der Mitte des Raumes so nebeneinander auf Tischen angeordnet, daß in der Hellphase jeder Käfig gleichmäßig von den Deckenlampen beleuchtet wurde.

Zwischen den Käfigen befanden sich als Sichtschutz weiße Pappkartonbögen.

Im hinteren Bereich des Raumes bildeten zwei umgebaute Tierregale die Aufnahmenische (Abbildung 4.2). In der Aufnahmenische war der jeweilige Käfig, von dem Videoaufnahmen gemacht wurden, durch Regal und Geräte von den anderen Käfigen abgeschirmt und räumlich ca. 3 m entfernt.

Auf beiden Seiten der Nische stand eine zur Wand gewendete Rotlichtlampe (Glühbirnen mit je 25 Watt). Beide Lampen wurden mit einer Zeitschaltuhr um 18.00 ein- und um 6.00 Uhr ausgeschaltet. Der Käfig in der Aufnahmenische wurde in der Dunkelphase durch die Streustrahlung der indirekten Rotlichtbeleuchtung symmetrisch beleuchtet. Die Lichtinten-

sität des Rotlichts war im Käfig unter der Nachweisgrenze des Luxmeters (Kapitel 4.3.4). Es wurden Rotlichtlampen verwendet, da Ratten dieses langwellige Licht kaum wahrnehmen können (WEISS et al., 1996).

Die Position jedes Käfigs wurde täglich nach dem Rollprinzip gewechselt, damit sich eventuelle Einflüsse wegen der Asymmetrie des Raumes auf alle Käfigtypen gleichermaßen auswirkten.

Nach einem festen Wochenplan kam jeden Tag einer der Käfige in die Aufnahmenische. Dadurch ergab sich ein Altersunterschied von 5 Tagen bei den Aufnahmen zwischen den Tieren, die immer montags, und denen, die immer samstags gefilmt wurden. Zum Ausgleich wurde daher bei jedem Versuchsdurchgang die Reihenfolge der Käfige auf dem Wochenplan abgeändert (Abbildung 4.3).

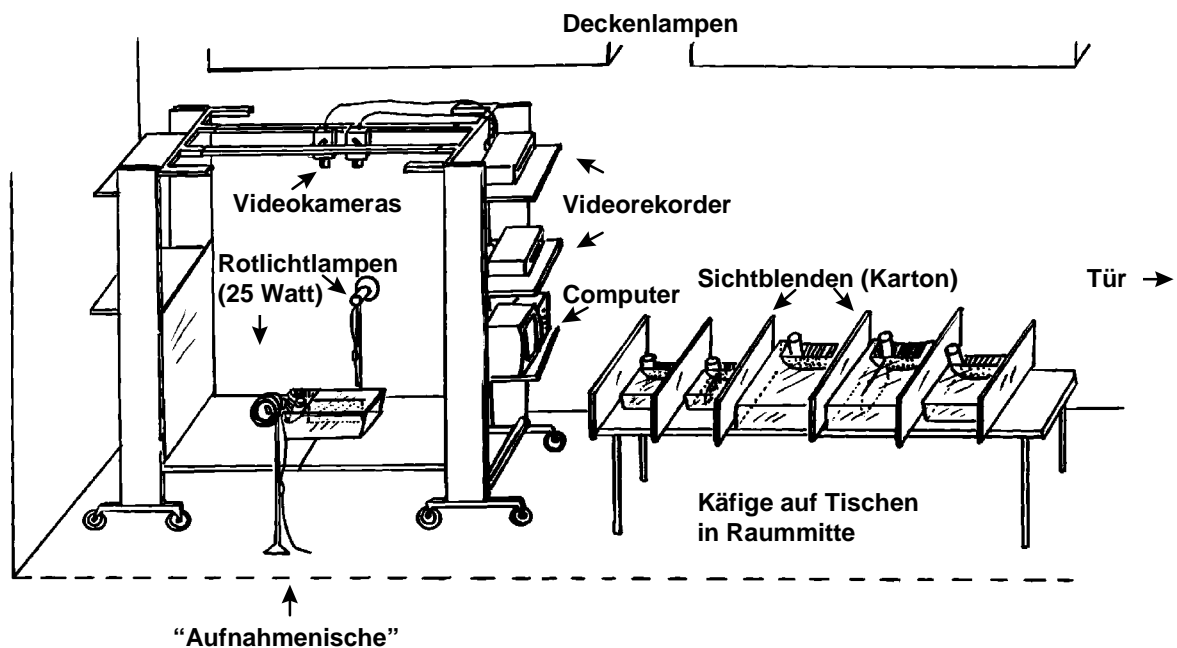


Abbildung 4.2 Anordnung im Tierraum

4.2.3 Pflege

Die Tiere wurden (ausnahmslos) täglich zwischen 15.00 und 17.00 Uhr immer von derselben Person versorgt.

Umsetzen:

Das Umsetzen in einen frischen Käfig erfolgte nach einem festen Wochenplan (Abbildung 4.3) zweimal pro Woche so, daß die Tiere jeweils am Tag vor dem Aufnahmetag in einen frischen Käfig kamen.

Die Käfige einschließlich Zubehör wurden mit Essigreiniger gereinigt und mit einer abgemessenen Menge Weichholzgranulat (H9, ALTROMIN, Lage) eingestreut, so daß überall die Stauhöhe ca. 2,5 cm betrug (ca. 300 g im Typ III, 600 g im Typ IV, 1200 g im Typ V).

	MO	DI	MI	DO	FR	SA	SO
1. Durchgang (09.'95 - 01.'96)							
Video, Wiegen	IIIo	III+	IVo	IV+	Vo	V+	
"Kotfotos"		IIIo	III+	IVo	IV+	Vo	V+
Umsetzen, "zus.Kotfotos"	III+, V+	IVo	IV+, IIIo	Vo, III+	V+, IVo	IV+	IIIo,Vo
2. Durchgang (02.'96 - 06.'96)							
Video, Wiegen	IVo	IV+	Vo	V+	IIIo	III+	
"Kotfotos"		IVo	IV+	Vo	V+	IIIo	III+
Umsetzen, "zus. Kotfotos"	IV+, III+	Vo	V+, IVo	IIIo, IV+	III+, Vo	V+	IVo, IIIo
3. Durchgang (08.'96 - 12.'96)							
Video, Wiegen	Vo	V+	IIIo	III+	IVo	IV+	
"Kotfotos"		Vo	V+	IIIo	III+	IVo	IV+
Umsetzen, "zus. Kotfotos"	V+, IV+	IIIo	III+,Vo	IVo,V+	IV+,IIIo	III+	Vo,IVo

Abbildung 4.3 Wochenplan bei den drei Versuchsdurchgängen

Futter und Wasser:

Als Futter wurden ad libitum täglich ca. 100 g Pellets (Altromin 1324, ALTROMIN, Lage) angeboten.

Als besondere Leckerbissen zur Belohnung dienten kleine Vitaminpellets (NAGETTEN, ARON).

Leitungswasser wurde ad libitum in senkrecht in die Raufe gestellten kleinen (ca. 370 ml) Flaschen gereicht.

„Gentling“:

Die Tiere jedes Käfigs wurden jeden Tag drei Minuten (in der 4. bis 6. Lebenswoche fünf Minuten) gestreichelt und in die Hand genommen, um sie gezielt handzahn zu machen. Dabei wurde darauf geachtet, kein Tier und keine Gruppe bevorzugt zu behandeln.

4.2.4 Vorbereitung auf die Aufnahme

Jedes Tier wurde einmal wöchentlich pünktlich zwei Stunden vor Aufnahmebeginn markiert. Dazu wurde es in einen eingestreuten Käfig Typ II, der gleichzeitig als Waagschale diente, gesetzt und mit NAGETTEN gefüttert. So konnte man problemlos eine ca. 2 DM-Stück große Stelle auf seinem Rücken freischaeren. Zur Markierung wurde auf die Fellstopeln wasserfeste schwarze Wimperntusche aufgetragen. Nach der gesamten Prozedur bekamen die Tiere noch ein paar NAGETTEN (siehe auch Kapitel 4.2.3) und wurden 10 Mi-

nuten gestreichelt und abgelenkt, damit die Tusche trocknen konnte. Zur Gewöhnung an das Geräusch der Schermaschine wurde das Scheren in der 4., 5. und 6. Lebenswoche täglich simuliert.

Eine individuelle Kennzeichnung erfolgte ebenfalls einmal wöchentlich mit schwarzem Kajalstift am Schwanz: Die Tiere aus Wurf A bekamen einen Punkt an der Schwanzwurzel, die aus Wurf B in der Schwanzmitte und die aus Wurf C an der Schwanzspitze (siehe auch Abbildung 4.1).

Der Tierraum wurde möglichst pünktlich um 17:00 Uhr verlassen.

4.3 Voruntersuchungen

4.3.1 DOTFINDER

Von Mai 1994 bis August 1995 wurde die Anwendbarkeit des noch nicht ganz ausgereiften und mit noch vielen Fehlern behafteten Analysesystems DOTFINDER (Dotfinder 8bw, Jander Videometric Products, Weiterstadt) erarbeitet und erprobt. Als Testtiere dienten drei adulte Wistar-Rattenweibchen.

Es wurde eine geeignete Methode der Kennzeichnung gesucht. Dabei erwiesen sich Edingstift und Haarfarbe als ungeeignet, wasserfeste Wimperntusche auf dem geschorenen Fell dagegen als am dauerhaftesten und verträglichsten.

4.3.2 Ammoniakmessung

In einer Testreihe wurde der Anstieg der Ammoniakkonzentration in der Käfigluft mit Dräger-Röhrchen (Gasspürpumpe und Röhrchen Ammoniak 5/a, DRÄGER, Lübeck) nacheinander in allen Käfiggrößen ermittelt. Im Käfig Typ III wurde zuerst Ammoniak nachgewiesen, nämlich etwa 0,5 ppm vier Tage nach dem letzten Umsetzen. Ammoniakkonzentrationen von wenigen ppm beeinträchtigen bereits bei Labornagern die Aktivität der Flimmerhäärchen in der Luftröhre (WEISS et al., 1996), bei etwa 25 ppm kommt es zu einer Beeinträchtigung der Entwicklung wachsender Ratten (JUHR & STUCKENBERG, 1997). Daher wurde hier zur Sicherheit die Nachweisgrenze im kleinsten Käfig als Kriterium benutzt um festzulegen, wie häufig alle Käfige gereinigt werden mußten.

4.3.3 Bestimmung des Futter- und Wasserverbrauchs

Es wurde ermittelt, daß drei adulte Rattenweibchen zusammen in 24 Stunden etwa 40-50 g Futter und bis zu 80 ml Wasser verbrauchten. Die in der Untersuchung täglich angebotene Menge Futter und Wasser reichte somit ad libitum aus.

4.3.4 Lichtintensitätsmessung

Mit einem Luxmeter (PANLUX electronic 2, GOSSEN GmbH, Erlangen) wurde die Lichtintensität während der Hellphase an verschiedenen Stellen in den Käfigen gemessen. Im Raufenbereich ebenso wie im hinteren Käfigbereich waren etwa 100 lx (Genauigkeit +/- 7 lx) meßbar. Nur ein schmaler Streifen direkt unter dem Futter und der Flasche wies eine geringere Lichtintensität auf (ca. 70 lx). In der Dunkelphase, also bei Rotlichtbeleuchtung, wurden 0 lx gemessen (Genauigkeit +/- 0,7 lx).

4.3.5 Aktivitätsrhythmus

Zu Beginn des Hauptversuchs wurden in der 6. Lebenswoche Videoaufnahmen mit Zeitraffung über die 12 Stunden der Dunkelphase erstellt und für die Tiere des ersten und zweiten Versuchsdurchganges bezüglich der Aktivitätsverteilung ausgewertet. Es wurde notiert, zu welchen Zeiten alle drei Tiere nicht „ruhten“ (Definition „Ruhen“ siehe Tabelle 4.2). Anhand des so ermittelten Aktivitätsverlaufes wurden die Aufnahmezeitpunkte für die folgenden Videoaufnahmen ausgewählt.

4.4 Versuch

4.4.1 Verhaltensuntersuchungen

Aufenthaltsverteilung über 12 Stunden

Videoaufnahmen:

Jeder Käfig wurde einmal wöchentlich in die Aufnahmezelle gestellt. Senkrecht über dem Käfig waren zwei Videoüberwachungskameras (JVC TK-S 300 und JVC TK-S 340) angebracht, die eine gleichzeitige Aufnahme mit zwei Videorekordern erlaubten (Abbildung 4.7).

Mit der einen Videokamera und einem Zeitraffervideorekorder (SANYO TLS-900P) wurden Videos mit 8-facher Zeitraffung (6,25 Halbbilder pro Sekunde) aufgenommen. Die 12 Stunden von 18.00 bis 6:00 Uhr wurden somit auf 1 ½ Stunden auf Band verkürzt.

Die Aufnahmen erfolgten bei jedem Tierdurchlauf durchgängig von der 7. bis 21. Lebenswoche, ausgewertet wurden jedoch nur die Aufnahmen der 9. bis 11. („Jungtiere“) und 17. bis 19. Lebenswoche („Adulte“) (Abbildung 4.4).

In der Altersstufe „Jungtiere“ wurden die Ratten gerade geschlechtsreif, in der Altersstufe „Adulte“ waren sie weitgehend ausgewachsen (WEISS et al., 1996).

Verhaltensanalysen

Mit der anderen Videokamera und einem anderen Videorekorder (BLAUPUNKT RTV-920 HIFI) wurden zu mehreren ausgewählten 15 Minuten-Abschnitten während derselben Dunkelphase Videos in Echtzeit aufgenommen (Abbildung 4.7). Die Aufnahmezeiten wurden anhand der bei den Voruntersuchungen festgestellten Aktivitätsverläufe ausgewählt: 18:15-18:30, 21:00-21:15, 01:00-01:15, 02:00-02:15, 04:15-04:30 Uhr, beim dritten Versuchsdurchgang auch 04:45-05:00, 05:15-05:30 Uhr.

Die Aufnahmen erfolgten in der 5. bis 11. und 17. bis 21. Lebenswoche, ausgewertet wurden jedoch nur die Aufnahmen der 9. bis 11. („Jungtiere“) und 17. bis 19. („Adulte“) Lebenswoche (Abbildung 4.4).

4.4.2 Untersuchung des räumlichen Ausscheidungsverhaltens

Über Videoaufnahmen ließ sich das Ausscheidungsverhalten nicht erfassen, daher mußte eine Untersuchung mit anderen Methoden erfolgen.

Verteilung der Kotboli

In der 9., 10. und 11. Lebenswoche („Jungtiere“) und in der 17., 18. und 19. Lebenswoche („Adulte“) wurden die Käfigwannen - ohne Tiere - direkt am Tag nach der Videoaufnahme fotografiert, also zwei Tage nach dem letzten Umsetzen. Beim Fotografieren wurde die Spiegelreflex-Kleinbildkamera (PRACTICA super TL 1000) genau senkrecht über

die Käfigwanne gehalten. Die Ratten wurden danach sofort wieder in ihren Käfig zurückgesetzt.

Außerdem wurden in der 5. bis 19. Lebenswoche nach jedem Umsetzen der Tiere in frische Käfige die benutzten Käfigwannen vor dem Säubern fotografiert. So entstanden von jedem Käfig zusätzlich 30 Fotografien (zweimal wöchentlich über 15 Wochen) (Abbildung 4.4).

Verteilung des Urinabsatzes

Zur Sichtbarmachung der Urinabsatzorte wurde in einer Untersuchungsreihe in der 21. Lebenswoche an drei Tagen der Urin der Tiere mit Fluoreszein angefärbt. HART & HART (1991) beschreiben die Methode, Urin bei Katzen mit Hilfe von oral oder subcutan applizierter 10 %iger Lösung Natriumfluoreszein sichtbar zu machen.

Die Ratten bekamen morgens um ca. 10:00 Uhr NAGETTEN mit einem Tropfen einer 10 %igen Lösung Fluorescein-Natrium (MERCK, Darmstadt, Pulver wurde in Leitungswasser gelöst) gereicht, die gerne gefressen wurden. Die ersten gelben Flecken waren bereits nach 1½ Stunden sichtbar. Nach dem Umsetzen der Tiere in frische Käfige 5-6 Stunden nach Verabreichung wurden die benutzten Käfige mit einer UV-Lampe abgeleuchtet und die Orte der Fluoreszenz auf Papier übertragen.

4.4.3 Untersuchungsreihe zur Verteilung von Zellstoff

In der 20. Lebenswoche wurden alle Tiere über einen Zeitraum von fünf Tagen täglich in einen frischen Käfig gesetzt, in dem in der Mitte unter der Raufe ein zusammengefaltetes, ca. 17 g schweres Stück Zellstoff lag. Nach 24 Stunden wurden von den benutzten Käfigen Fotografien gemacht.

Auch am Video-Aufnahmetag wurde in den jeweiligen Käfig Zellstoff gelegt. Die Verteilungsbilder am Tag nach der Aufnahme gingen jedoch nicht in die Auswertung mit ein.

4.4.4 Untersuchungsreihe zur Verteilung von Futterpellets

In der 21. Lebenswoche wurden alle Tiere über einen Zeitraum von fünf Tagen täglich in einen frischen Käfig gesetzt, in dem in der Mitte unter der Raufe 200 g Futterpellets (gleiche Sorte und Charge wie die Pellets in der Raufe) auf einem Haufen lagen. Nach 24 Stunden wurden von den benutzten Käfigen Fotografien zur Erfassung der oberflächlich sichtbaren Pellets gemacht. Dann wurden die oberflächlichen Pellets abgesammelt und gewogen. Mit Hilfe von Meßplatten mit den Markierungen für die Feldergrenzen (Abbildung 4.5) wurde jedes Feld nach den tief in der Streu liegenden Pellets durchsucht, deren Zahl notiert und die gesamte Pelletmenge gewogen, um die verzehrte Menge zu bestimmen. Au-

ßerdem wurde notiert, wieviele Pellets feucht und aufgeweicht waren. Zusätzlich wurde täglich die Verzehrsmenge aus der Raufe (Einwaage 100 g) bestimmt.

Auch am Video-Aufnahmetag wurden in den jeweiligen Käfig Pellets gelegt. Die Verteilungsbilder am Tag nach der Aufnahme gingen jedoch nicht in die Auswertung mit ein.

4.4.5 Physiologische Daten

Körpergewicht

In der 4., 5. und 6. Lebenswoche wurde jedes Tier täglich, dann bis zur 21. Lebenswoche einmal wöchentlich immer zur gleichen Tageszeit gewogen (Waage DIGI 2000, WEDO, Genauigkeit 1g).

Futter- und Wasserverbrauch

Für die Tiere jedes Käfigs wurde von der 6. bis 20. Lebenswoche einmal wöchentlich und in der 21. Lebenswoche täglich die Tagesverzehrsmenge bestimmt. Dazu wurden Futter und Trinkflasche ein- und nach 24 Stunden ausgewogen.

Zusätzlich wurden beim zweiten und dritten Versuchsdurchgang auch die Verzehr- und Trinkmengen an den Tagen bestimmt, an denen die entsprechende Tiergruppe (in der 9. bis 11. und 17. bis 19. Lebenswoche) auf Video aufgenommen wurde.

Zyklusstand

Von der 16. bis 21. Lebenswoche wurden jeweils am Tag nach der Aufnahmenacht von den entsprechenden drei Tieren Vaginaltupferproben genommen und auf einem Objektträger ausgestrichen. Der Zyklusstand wurde anhand des Zellbildes unter dem Mikroskop beurteilt.

Da im Rahmen dieser Arbeit jedoch auf eine individuelle Charakterisierung der Tiere verzichtet wird, unterbleibt eine Beschreibung der Ergebnisse.

4.5 Zeitlicher Ablauf

Ein Versuchsdurchgang dauerte insgesamt 18 Wochen. Alle drei Versuchsdurchgänge wurden genau gleich durchgeführt, der einzige Unterschied bestand darin, daß jeweils andere Tiere untersucht wurden. Während eines Versuchsdurchganges befanden sich nur die entsprechenden 18 Tiere im Raum. Abbildung 4.4 zeigt den zeitlichen Ablauf eines Versuchsdurchganges.

1. Versuchsdurchgang: 25.9.1995 - 26.1.1996
2. Versuchsdurchgang: 5.2.1996 - 9.6.1996
3. Versuchsdurchgang: 12.8.1996 - 15.12.1996

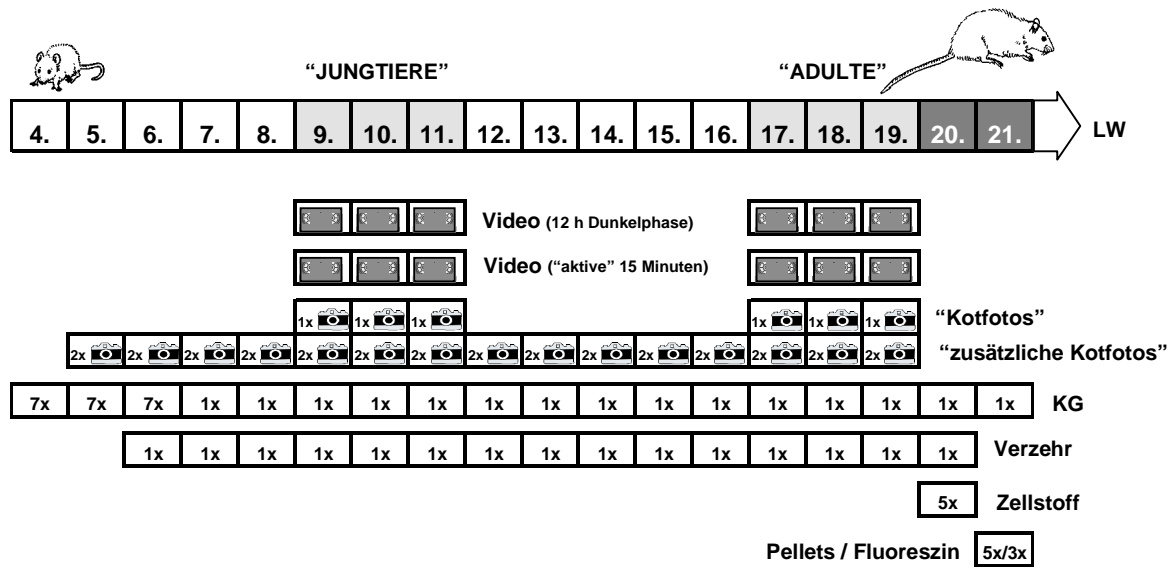


Abbildung 4.4 Zeitplan eines Versuchsdurchganges

4.6 Auswertungsmethoden

4.6.1 Gewinnen der Daten

Felderaufteilung

Zur Auswertung wurde die Käfigfläche bei den Käfigen der Größen III und IV in 5 x 3 und bei den Käfigen der Größe V in 8 x 6 Felder aufgeteilt (Abbildung 4.5). Die Felder waren annähernd quadratisch und in ihrer Größe der Körpergröße der Ratten etwa angepaßt. Da die Grenze zwischen Raufe und Plastikdeckel mit einer Feldergrenze übereinstimmte, konnte zwischen Raufenfeldern und restlichen Feldern unterschieden werden. Unter dem Plastikdeckel befanden sich bei den Käfigen der Größe III und IV 3 x 3 Felder, bei den Käfigen der Größe V 6 x 6 Felder, die sich in 3 x 3 „Großfelder“ zusammenfassen ließen.

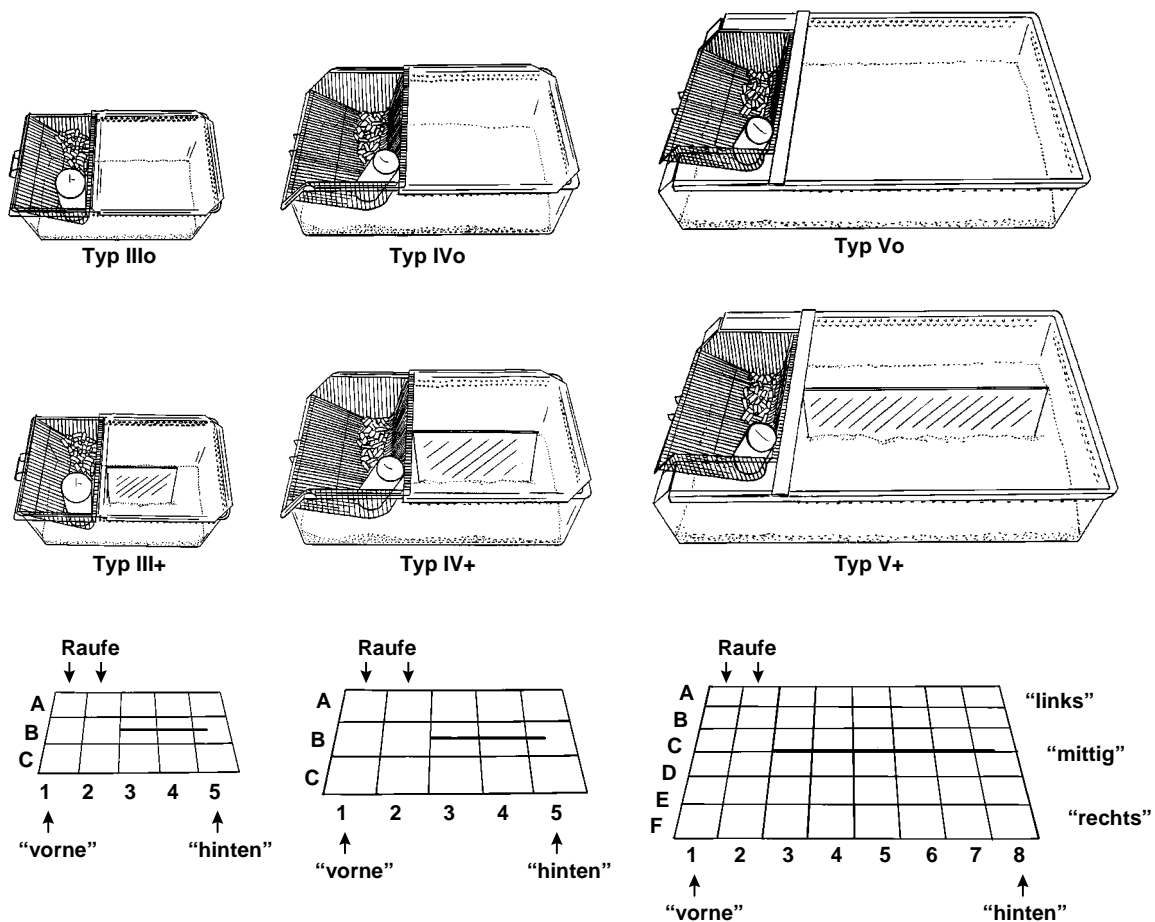


Abbildung 4.5 Einteilung der Käfigfläche in Felder

Aufenthaltsverteilung über 12 Stunden

Die Videobänder mit den Zeitrafferaufnahmen über die gesamte Dunkelphase wurden mit dem Bildanalyseprogramm DOTFINDER (Dotfinder 8bw, Jander Videometric Products, Weiterstadt) ausgewertet (Abbildung 4.7).

Der DOTFINDER besteht sowohl aus Hardware (Frame-Grabber mit Auswerte-Elektronik und Computer-Interface) als auch aus Software. Er kann in einem Feld, das er in 255 x 255 Koordinaten aufteilt, bis zu 8 Objekte („Dots“) registrieren und deren Koordinaten notieren. Dabei sucht er den Videomonitor von links oben nach rechts unten nach schwarzen Punkten auf weißem Grund ab (je nach Einstellung auch weiße Punkte auf schwarzem Grund). Das Objekt, das er zuerst findet, ist sein erstes. Tauscht dieses Objekt mit dem zweiten den Platz, registriert der DOTFINDER nun das zweite Objekt als sein erstes. Eine individuelle Unterscheidung und Verfolgung der Objekte ist dadurch nicht möglich. Ein nachträgliches Zuordnen der einzelnen registrierten Punkte zu den Tieren ist zwar möglich, aber wegen des Aufwandes unpraktikabel.

Das vom DOTFINDER analysierte Feld darf keine dunklen Strukturen enthalten, da sie sonst fälschlicherweise als „Dot“ registriert werden. Daher mußte der Standardkäfigdeckel wegen der Gitterstäbe abgeändert werden. Eine Berücksichtigung der Fläche unter der Raupe war aus dem gleichen Grund nicht möglich.

Der Dotfinder wurde beim Abspielen der Videobänder so eingestellt, daß er in dem Bereich unter dem durchsichtigen Plastikdeckel alle halbe Sekunde die Aufenthaltsorte von drei „Dots“ registrierte. So erhielt man wegen der 8fachen Zeitraffung eine Bestimmung der Aufenthaltsorte für alle drei Tiere alle 4 Sekunden über 12 Stunden (10800 x pro Aufnahme).

Der DOTFINDER arbeitet also nach der Beobachtungsmethode des „**scan sampling**“ und der Aufzeichnungsart des „**instantaneous sampling**“ (MARTIN & BATESON, 1986), wobei das Verhalten (hier das räumliche Aufenthaltsverhalten) von mehreren Tieren einer Gruppe in regelmäßigen Intervallen zu bestimmten Zeitpunkten (alle 4 Sekunden) registriert wird.

Mit dieser automatischen Registrierung waren viele Fehlermöglichkeiten verbunden: War der schwarze Rückenfleck nicht sichtbar, weil sich die Ratten putzten, aufrichteten oder übereinander lagen, konnte kein „Dot“ registriert werden (Abbildung 4.6). Entstand ein Schatten zwischen Tier und Trennwand, wurde dieser fälschlicherweise als „Dot“ erkannt. Daher mußten alle Videos per Hand nachkorrigiert werden. Dazu wurde eine Folie mit der Felderaufteilung auf den Videomonitor geklebt, und es wurde notiert, wann, wie lange und wo ein „Dot“ unsichtbar war oder falsch erkannt wurde.

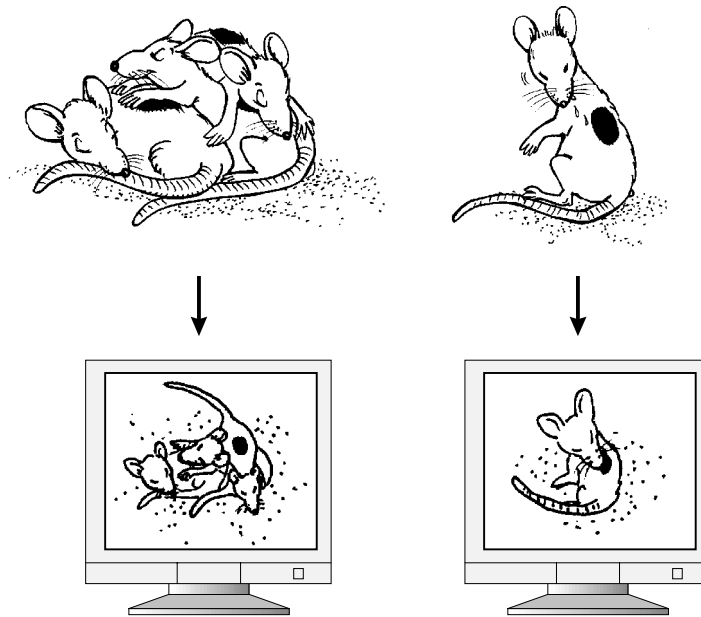


Abbildung 4.6 Fehlermöglichkeiten bei der Videobildanalyse mit dem DOTFINDER

Die Vorauswertung der Daten fand mit Hilfe der DOTFINDER-Software statt. Es wurde die Summe der in den 12 Stunden registrierten Dots für jedes Feld der Käfigfläche berechnet. Anschließend wurden die Werte mit den Werten der Handkorrektur verrechnet.

Hielten sich Tiere unter der Raufe auf, konnten sie nicht vom DOTFINDER registriert werden. Die Anzahl der „Dots“ unter der Raufe errechnete sich aus der theoretischen Gesamtzahl der „Dots“ minus der (korrigierten) Summe der vom DOTFINDER im restlichen Käfig wirklich registrierten „Dots“. Da alle 4 Sekunden über 12 Stunden die Aufenthaltsorte von drei Tieren bestimmt wurden, betrug die theoretische Gesamtzahl der „Dots“ 32400.

Verhaltensanalysen

Die Videobänder mit den Aufnahmen ausgewählter Viertelstundenabschnitte der Dunkelphase (in Normalgeschwindigkeit) wurden auf zwei Arten ausgewertet: Es wurden Verhaltenszeitreihen und Ortskoordinatenzeitreihen erstellt. Im Gegensatz zur Auswertung mit dem DOTFINDER konnten nun die Tiere individuell unterschieden und der Bereich unter der Raufe mitberücksichtigt werden.

Zuerst wurde für jede Nachtaufnahme die „aktivste“ Viertelstunde ausgewählt, d.h. der Aufnahmeabschnitt, in dem die Tiere am wenigsten „ruhten“ (Definition „Ruhen“ siehe Tabelle 4.2.). Gab es von einer Nachtaufnahme mehrere Abschnitte, in denen die Tiere die gleiche Zeit „aktiv“ waren, wurden die Aufnahmeabschnitte zu bestimmten Zeitpunkten

bevorzugt ausgewertet. Dem Abschnitt von 04:15 bis 04:30 Uhr wurde der Vorrang gegeben, weil die Tiere hier meistens „aktiv“ waren.

Erstellen von Verhaltenszeitreihen

Verhaltenstypen

Für das Ethogramm der Ratten wurden 10 Verhaltenstypen so definiert, daß damit das Verhalten der Tiere vollständig beschrieben werden konnte. Die Verhaltenstypen wurden so voneinander abgegrenzt, daß sie sich gegenseitig ausschlossen. Dadurch konnte jedes auftretende Verhaltensereignis nur einem Typ zugeordnet werden (Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2 Definierte Verhaltenstypen für die Verhaltensanalysen

Ruhen	jedes Sitzen und Liegen, das nicht einem anderen Verhaltenstyp zugeordnet wird
Fressen	Abbeißen von Futterpellets aus Raufe (im Sitzen, Liegen oder beim Aufrichten), Verzehr
Trinken	Lecken am Tränkenippel
Komfortverhalten	Putzen (Lecken, Kratzen) des eigenen Körpers
Aufrichten	Aufrichten (Vorderpfoten ohne Bodenkontakt) mit oder ohne sichtbare Schnupperbewegungen, nicht aber im Spielkontext oder beim Fressen
Erkunden	sichtbare Schnupperbewegungen (Bewegungen des Kopfes) während des Sitzens oder in der Bewegung
Graben	Bewegen von Streu durch Scharren mit Vorder- oder Hinterpfoten oder mit der Nase, Scharren an den Käfigwänden
Lokomotion	jede Fortbewegung, die nicht einem anderen Verhaltenstyp zugeordnet wird
Spiel	soziales Spiel (z.B. Balgen, Verfolgen, Umwerfen, spielerisches Grooming, spielerisches Aufreiten), solitäres Spiel (plötzliches Losrennen, Hakenschlagen, Hüpfen)
Sozialverhalten	jedes Verhalten bezogen auf ein anderes Tier außer Spiel, z.B. Beschnüffeln, Analkontrolle, Verfolgen, soziale Körperpflege, Aufreiten, Wegschieben eines anderen Tieres mit der Pfote (z.B. Rangeln beim Trinken)

Beobachtungs- und Aufzeichnungsmethode

Als Beobachtungsmethode wurde die **Fokustiermethode** („focal animal sampling“, ALTMANN, 1973; MARTIN & BATESON, 1986), als Aufzeichnungsart das **kontinuierliche Aufzeichnen** („continuous recording“, MARTIN & BATESON, 1986) gewählt.

Also wurde das Verhalten von jedem Tier in der gleichen Viertelstunde der Aufnahme in Echtzeit mit Hilfe eines institutseigenen Programmes (von J. FRANKE) in den Computer eingegeben. Dabei wurde jeder Verhaltenstyp von einer Taste auf der Tastatur kodiert. Das Programm mißt die Zeitspanne zwischen dem Drücken von zwei Tasten und ordnet dann diese Zeit (in Sekunden) der entsprechenden Taste, also dem Verhaltenstyp zu. So erhält man Verhaltenszeitreihen, in denen verzeichnet ist, wann ein Verhaltenstyp beginnt und wann er endet, weil der nächste beginnt (Abbildung 4.8).

Um bei allen Tieren eines Käfigs zum gleichen Zeitpunkt mit dem Eingeben zu beginnen, wurde als Zeitgeber der Bildaufbau am Beginn der Aufnahme gewählt.

Fehler beim Eingeben sowie Bemerkungen (besondere Auffälligkeiten) wurden gleichzeitig auf ein Diktiergerät gesprochen, das nach der Eingabe zur Fehlerkorrektur abgehört wurde. Die Eingabe über die Tasten erfolgte „blind“, so daß das jeweilige Fokustier auf dem Videomonitor nicht aus den Augen gelassen wurde.

Zur möglichst fehlerfreien und exakten Eingabe mußte diese vorher ausgiebig geübt werden. Die Zuverlässigkeit der Eingabe (intra-observer reliability, MARTIN & BATESON, 1986) wurde überprüft. Hierbei wurden mehrere Viertelstundenabschnitte im Abstand von einer Woche nochmals eingegeben und die Übereinstimmung der jeweils gleichen Verhaltenszeitreihen mit Hilfe einer Kreuzkoinzidenzanalyse mit dem Programmpaket ZAMPANO überprüft (WOLFFGRAMM & THIMM, 1999). Die Übereinstimmung betrug 93-96 %.

Erstellen von Ortskoordinatenzeitreihen

Dieselben Aufnahmeabschnitte, die bereits zum Erstellen der Verhaltenszeitreihen verwendet worden waren, wurden dann mit Hilfe des Programmpaketes ZAMPANO bearbeitet. ZAMPANO (= **Z**eitreihen-**A**nalysen, **M**eißwertlisten-**P**rocessing, **A**usführung **N**utzergesteuerter **O**perationen) wurde von J. WOLFFGRAMM (Abteilung Klinische Neurobiologie der Psychiatrischen Klinik und Poliklinik der Freien Universität Berlin) entwickelt. Dieses Programmsystem ermöglicht eine Dateneingabe, -verwaltung und -analyse. Die Echtzeitdateneingabe zur Beschreibung des räumlich-lokomotorischen Verhaltens erfolgte über einen mit einem HTB 386-Softwaresystem ausgestatteten Computer (Betriebssystem DOS). Über eine „Screen-Machine“ (Einsteckkarte für PC der Firma FAST Electronic GmbH) wurde das Videobild auf den Computermonitor übertragen. Die Käfigfläche wurde virtuell in die entsprechenden Felder (5 x 3 bei Käfiggröße III und IV, 8 x 6 bei Größe V) unterteilt. Ein Grafiktablett (SummaSketch III der Firma Summagraphics GmbH) und ein elektronischer Zeichenstift ermöglichten ein Verfolgen der Bewegungen des jeweiligen Fokustieres mit Hilfe eines beweglichen Markierungskreuzes auf dem Computermonitor. ZAMPANO mißt die Zeitspanne zwischen dem Überschreiten von zwei Feldergrenzen und ordnet diese Aufenthaltszeit (in Sekunden) dem jeweiligen Feld zu. So erhält man Ortskoordinatenzeitreihen, aus denen man erkennen kann, wann welches Feld betreten und wieder verlassen wurde (Abbildung 4.8).

Diese Zeitreihen der jeweiligen Tiere eines Käfigs wurden synchron zueinander und zu den entsprechenden Verhaltenszeitreihen erstellt, d.h. die Registrierung begann immer zum gleichen Zeitpunkt. Der Zeitgeber war der Aufbau des Videobildes am Beginn des auszuwertenden Aufnahmeabschnittes.

Auch hier wurde die möglichst fehlerfreie Eingabe vorher intensiv geübt und der Erfolg geprüft. Dazu wurde mit Hilfe von ZAMPANO eine Kreuzdistanzanalyse durchgeführt, die die Übereinstimmung von zwei Ortskoordinatenzeitreihen derselben, aber im Abstand von mehreren Wochen zweimal ausgewerteten Videoaufnahme überprüfte (WOLFFGRAMM & THIMM, 1999).

Insgesamt wurde also jede ausgewählte Viertelstunde der 108 (6 Wochen x 3 Durchgänge x 6 Käfigtypen) Nachtaufnahmen sechsmal (für jedes der drei Tiere in dem Käfig auf zwei Arten) ausgewertet. Dazu kam noch die Auswertung der Zeitrafferaufnahme derselben Nacht (worin die ausgewählte Viertelstunde ja mit enthalten war) mit Hilfe des DOTFIN-DERs (Abbildung 4.7).

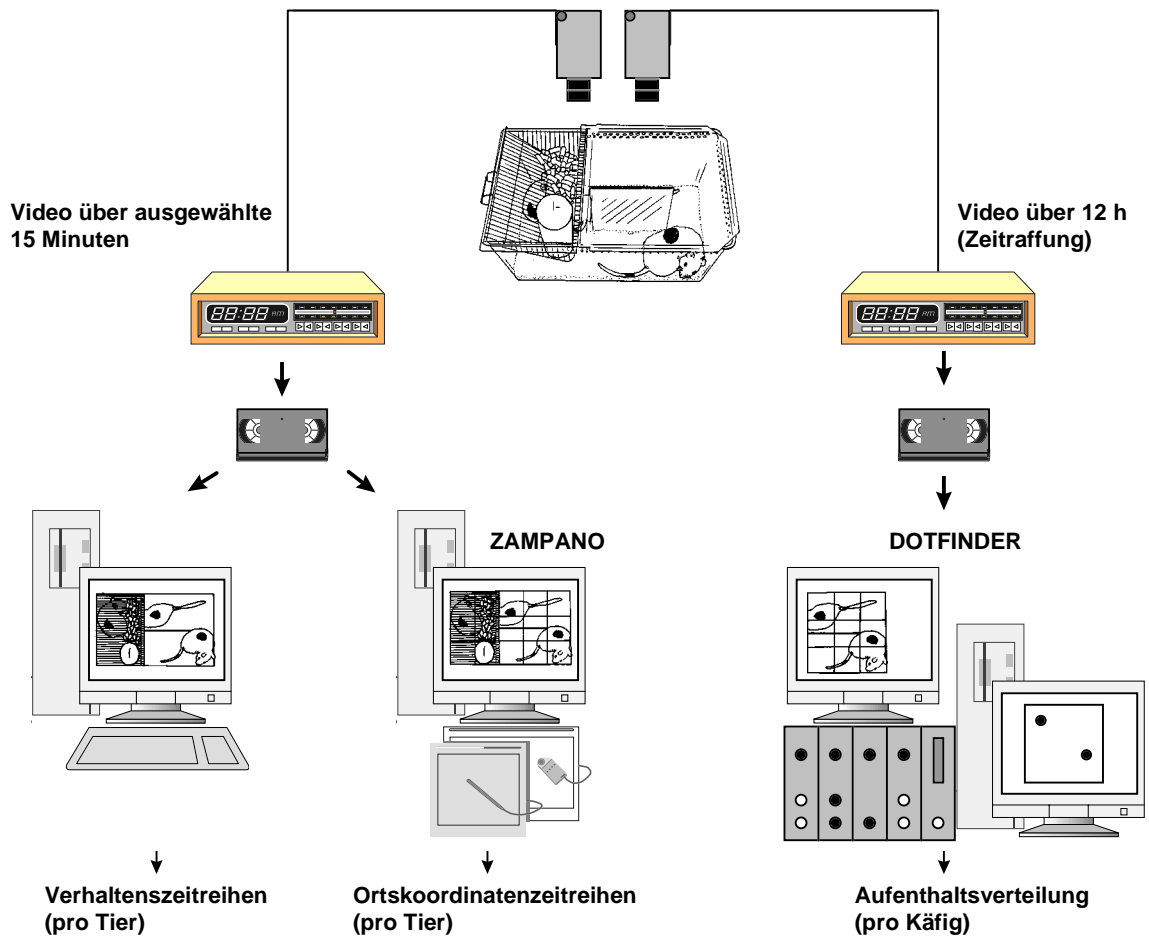


Abbildung 4.7 Übersicht über die Auswertungsmethoden der Videoaufnahmen

Untersuchung des räumlichen Ausscheidungsverhaltens

Verteilung der Kotboli

Auf jede Fotografie wurde eine passende Schablone mit der Felderaufteilung gelegt, so daß die Kotboli pro Feld ausgezählt werden konnten. So wurden 108 Fotografien (3 Fotos x 2 Altersstufen x 3 Durchgänge x 6 Käfigtypen) und 540 „zusätzliche Kotfotos“ (30 Fotos x 3 Durchgänge x 6 Käfigtypen) ausgewertet.

Verteilung des Urinabsatzes

Anhand der Aufzeichnungen wurde für jedes Feld die Menge an Fluoreszein auf einer vorher festgelegten Punkteskala von 0 (= kein Fluoreszein) bis 5 (= sehr viel Fluoreszein) abgeschätzt. Insgesamt wurden 54 Verteilungsbilder ausgewertet (3 Tage x 3 Durchgänge x 6 Käfigtypen).

Untersuchungsreihe zur Verteilung von Zellstoff

Die Fotografien der Zellstoffverteilung wurden mit Hilfe entsprechender Felderschablonen ausgewertet, wobei für jedes Feld einzeln abgeschätzt wurde, wieviel von dessen Fläche von Zellstoff bedeckt war. Diese Abschätzung erfolgte mittels einer Punkteskala von 0 (= kein Zellstoff) bis 10 (= gesamte Fläche des Feldes ist bedeckt). Zur Auswertung kamen insgesamt 90 Fotografien (5 Fotos x 3 Durchgänge x 6 Käfigtypen).

Bei jedem einzelnen Foto wurde beurteilt, wo sich der Schwerpunkt der Zellstoffverteilung befand. Dazu wurden Punktesummen für die Felder mit den Koordinaten 1 und 2 („vorderer Käfigbereich“) und für die Felder mit den Koordinaten 4 und 5 („hinterer Käfigbereich“) gebildet und miteinander verglichen. Ebenso wurde für jedes Foto die Punktesumme der Felder der Reihe A („links“) mit der der Reihe B („mittig“) und C („rechts“) verglichen. So konnte für jedes einzelne Foto festgestellt werden, ob sich der Zellstoff hauptsächlich im „vorderen“ oder „hinteren Käfigbereich“ befand und ob eine Häufung auf einer Käfigseite erkennbar war.

Untersuchungsreihe zur Verteilung von Futterpellets

Auf den Fotografien wurden mit Hilfe von Felderschablonen die oberflächlich sichtbaren Pellets pro Feld ausgezählt. Die tief in der Streu liegenden Pellets wurden direkt vor der jeweiligen Käfigreinigung erfaßt (siehe Kapitel 4.4.4). Zur Auswertung kamen insgesamt 180 Verteilungsbilder (5 Bilder x 3 Durchgänge x 6 Käfigtypen x 2 für oberflächliche und tiefe Pellets).

Für jeden Käfig und Versuchstag wurde der Schwerpunkt der Pelletverteilung (wie unter Zellstoff beschrieben) bestimmt.

4.6.2 Bearbeitung des Datenmaterials, Statistik

Die Daten der Kot-, Fluoreszei-, Zellstoff- und Pelletverteilung, des Futter- und Wasserverbrauchs und der Körpergewichtsentwicklung wurden mit EXCEL 7.0 bearbeitet.

Auch die Weiterbearbeitung der DOTFINDER-Daten erfolgte mit EXCEL 7.0.

Räumliche Verteilung auf der Käfigfläche:

Zur Beschreibung der Verteilung der Verhaltensweisen bzw. Objekte auf der Käfigfläche wurde aus den Werten der Tiere unter den gleichen Bedingungen (gleicher Käfigtyp, gleiche Altersstufe) der arithmetische Mittelwert für jedes Feld der Käfigfläche errechnet. Diese Maßzahl wurde gewählt, da in ihre Berechnung alle Werte der Stichprobe gleichermaßen eingehen.

Weitere Parameter:

Wurden Unterschiede zwischen den verschiedenen Käfigtypen in bezug auf Parameter festgestellt, die nicht die Verteilung auf der Käfigfläche betrafen, wurde das Modell der balancierten zweifachen Varianzanalyse (WILRICH & HENNING, 1987) herangezogen. Dieses Verfahren wurde im Sinne der explorativen Statistik zur Beschreibung der Daten verwendet und diente als Entscheidungshilfe für die Verwendung des Begriffs „deutlicher Unterschied“.

Die Durchführung der Varianzanalysen sowie die Prüfung der Voraussetzungen erfolgte mit Hilfe des Programms STATGRAPHICS® PLUS (Version 3).

Vorgehensweise:

Prüfung der Voraussetzungen der Varianzanalyse:

Mit Hilfe des KOLMOGOROV Tests wurde die Voraussetzung Normalverteilung überprüft. Der Test wurde auf die „standardisierten Residuen“ der zweifachen Varianzanalyse angewandt.

Zur Überprüfung der Annahme der Varianzhomogenität wurden der COCHRAN's C Test und der BARTLETT's Test durchgeführt. Die Nullhypothese „die Standardabweichung innerhalb der Gruppen ist gleich“ wurde bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit $p < 0,01$ abgelehnt.

Ablauf der Varianzanalyse:

Es wurde untersucht, ob die Faktoren Käfiggröße (III / IV / V) und Trennwand (ja / nein) Einfluß auf die beobachteten Meßwerte hatten. Der Versuchsdurchgang (1. / 2. / 3.) wurde als Kovariate berücksichtigt.

Als erster Schritt wurde untersucht, ob zwischen den beiden Faktoren Käfiggröße und Trennwand Wechselwirkungen bestanden, da bei Vorliegen starker Wechselwirkungen die Haupteffekte schwer zu interpretieren sind. Zeigten sich keine Wechselwirkungen ($\alpha = 0,01$), wurden die Haupteffekte Käfiggröße und Trennwand analysiert. Konnte die globale Nullhypothese beim Faktor Käfiggröße abgelehnt werden, wurden paarweise Vergleiche mit Hilfe des FISHER's Least Significance Tests durchgeführt. So konnte festgestellt werden, zwischen welchen Käfiggrößen der Unterschied bestand.

Waren die Voraussetzungen Normalverteilung und Varianzhomogenität nicht ablehnbar und ergab die Varianzanalyse eine Überschreitungswahrscheinlichkeit $p < 0,05$, wird in dieser Arbeit von „deutlichen“ Unterschieden gesprochen. Wurden die Voraussetzungen nicht erfüllt, werden nur Unterschiede als „deutlich“ bezeichnet, wenn die Varianzanalyse eine Überschreitungswahrscheinlichkeit $p < 0,01$ ergab.

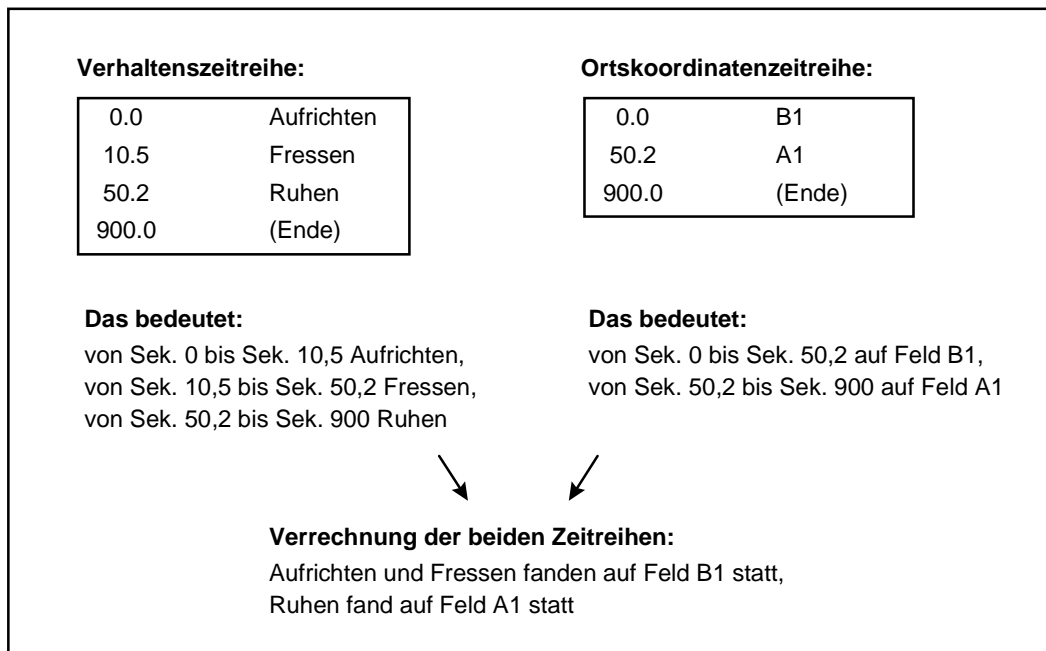
ZAMPANO

Die Verhaltenszeitreihen und Ortskoordinatenzeitreihen wurden mit ZAMPANO bearbeitet. Dafür mußten die Verhaltenszeitreihen in das erforderliche Format gebracht werden (mit einem Umformungsprogramm von J. WOLFFGRAMM).

Mit ZAMPANO wurden folgende Berechnungen durchgeführt (Abbildung 4.8):

- Berechnung der **Verhaltensbudgets** aus den Verhaltenszeitreihen (Dauer und Häufigkeit der einzelnen Verhaltenstypen für jedes Tier und jede Aufnahme),
- Berechnung des **räumlichen Verteilungsmusters der einzelnen Verhaltenstypen** pro Käfigtyp und Altersgruppe durch kombinierte Auswertung der jeweiligen Verhaltens- und Ortskoordinatenzeitreihen für jedes Tier und jede Aufnahme (Prinzip: Wann zeigt das Tier welches Verhalten? + Wann ist das Tier in welchem Feld? = In welchem Feld findet welches Verhalten statt?),
- Berechnung von Parametern der „Bewegungsaktivität“ für jedes Tier und jede Aufnahme aus den Ortskoordinatenzeitreihen: Es wurden die **Länge des gesamten zurückgelegten Weges** (in der Beobachtungszeit von 15 Minuten) und die **Länge des „schnellen“ Weges** (mit einer Geschwindigkeit von über 5 cm/s) ermittelt sowie die **Dauer des „längeren“ Aufenthaltes** (mehr als 30 Sekunden) auf einem Feld. Bei der Berechnung des Gesamtweges und des „schnellen“ Weges wurde aus der Anzahl der Feldwechsel die zurückgelegte Strecke in Metern berechnet.
- Zusätzlich wurde auch die **mittlere Distanz zwischen den Tieren** eines Käfigs bestimmt (WOLFFGRAMM, 1990). Diese Maßzahl wird kontinuierlich über die Beobachtungszeit von 15 Minuten anhand der Ortskoordinatenzeitreihen der drei Tiere eines Käfigs berechnet, wobei aus den drei Distanzen zwischen den drei Tieren ein Mittelwert er-

rechnet wird. Die Distanz wird in der Anzahl der Felder angegeben und beträgt beispielsweise 0, wenn sich zwei Tiere im selben Feld, und 1, wenn sie sich in benachbarten Feldern befinden. Die Distanz über diagonal zueinander liegende Felder wird nach dem Satz des Pythagoras berechnet ($c = \sqrt{a^2 + b^2}$). Der maximal mögliche Abstand (diagonale Eckfelder) beträgt damit in den Käfigen der Größe III und IV (5 x 3 Felder) 4,5 und in den Käfigen der Größe V (8 x 6 Felder) 8,6 Felder.



•**Berechnung des Verhaltensbudgets für diesen Beobachtungszeitraum:**

<u>Verhaltenstyp:</u>	<u>Dauer:</u>	<u>Zeitanteil :</u>	<u>Häufigkeit:</u>
Aufrichten	10,5 s	1,2%	1
Fressen	39,7 s	4,4%	1
Ruhen	849,8 s	94,4%	1

•**Berechnung des zurückgelegten Weges:**

1 Feldwechsel = 0,11 m (denn im Typ IV ist ein Feld 11 cm breit)

•**Berechnung des "längeren" Verweilens (>30 s):**

= 900 s (denn sowohl auf Feld B1 als auch auf Feld A1 verweilte das Tier länger als 30 s)

•**Berechnung der räumlichen Verteilung der Verhaltenstypen:**

<u>Verhaltenstyp:</u>	<u>Dauer:</u>	<u>Ort:</u>
Aufrichten	10,5 s	B1
Fressen	39,7 s	B1
Ruhen	849,8 s	A1

Abbildung 4.8 Beispiel für eine Verhaltenszeitreihe und Ortskoordinatenzeitreihe eines Tieres (Beobachtungszeitraum 15 Minuten) und Berechnungsbeispiele

Konzentrationsindex

Um bei den Verteilungsbildern zu quantifizieren, wie stark die Tiere die Verhaltensweisen bzw. Objekte auf der Käfigfläche „konzentrieren“, wurde eigens eine Maßzahl entwickelt, die mit einem von S. SCHÄTZL erstellten Programm KONZENTRATIONINDEX (Programmiersprache Delphi, DELPHI 3) errechnet wurde.

Diese Maßzahl **Konzentrationsindex (Kix)** berücksichtigt nicht nur die „Konzentration“ (also die Größe der Werte) auf den einzelnen Feldern, sondern auch die Lage der Felder zueinander. Beispielsweise werden mehrere Felder mit hoher Konzentration, die benachbart zueinander liegen, als „Bereich“ erkannt. Der Kix ist dann höher, als wenn diese Felder hoher Konzentration räumlich voneinander getrennt liegen würden.

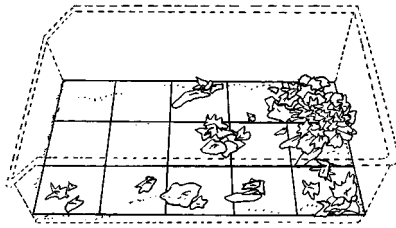
Vorgehensweise des Programmes KONZENTRATIONINDEX

(Abbildung 4.9)

- Ermittlung des Maximalwertes des Verteilungsbildes.
- Unterteilung des Bereichs zwischen 0 und dem Maximalwert in x Stufen (Stufenanzahl frei wählbar, es wurden hier 5 Stufen gewählt).
- Zuordnung des Wertes jedes Feldes des Verteilungsbildes zu einer dieser Stufen.
- Ermittlung von „Bereichen“: Die Felder mit gleicher Stufenzahl, die benachbart sind (auch diagonal) werden zusammengefaßt zu einem „Bereich“.
- Ermittlung der Dichte jedes Bereiches: Die Dichte wird berechnet aus der Summe der Werte geteilt durch die Anzahl der Felder eines Bereiches.
- Berechnung der Standardabweichung der Bereichsdichten.
- Normierung durch Teilen der Standardabweichung durch die Summe aller Werte des Verteilungsbildes. Damit wird die errechnete Maßzahl unabhängig von der Größe der Gesamtsumme aller Werte des Verteilungsbildes, so daß eine Vergleichbarkeit zwischen den Verteilungsbildern ermöglicht wird.
- Durch Multiplikation dieser errechneten Zahl mit 100 und $\sqrt{2}$ entsteht die Maßzahl Konzentrationsindex (Kix). Durch diesen letzten Schritt wird erreicht, daß die Maßzahl den maximalen Wert 100 annehmen kann.

S. 51:

Abbildung 4.9 Vorgehensweise der Berechnung des Konzentrationsindex (Kix) und Berechnungsbeispiel



Verteilungsbild (Werte)

A	0	0	3	3	10
B	0	0	4	2	8
C	2	1	3	2	6
	1	2	3	4	5

Bildung von 5 Stufen zwischen 0 und Maximalwert

Zuordnung der Werte zu den Stufen

A	A	A	B	B	E
B	A	A	B	A	D
C	A	A	B	A	C
	1	2	3	4	5

Zusammenfassung benachbarter Felder einer Stufe zu Bereichen

Sortieren der Bereiche nach Dichte (Bereich Nr. 1 = höchste Dichte)

A	6	6	4	4	1
B	6	6	4	5	2
C	6	6	4	5	3
	1	2	3	4	5

Berechnung der Standardabweichung der Bereichsdichten

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \bar{d})^2}{N - 1}}$$

d = Bereichsdichte

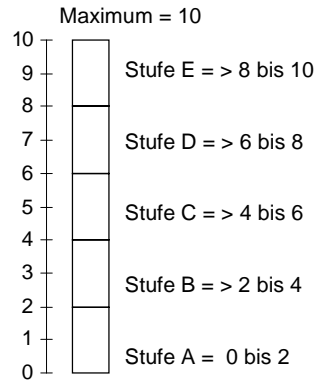
\bar{d} = arithmetisches Mittel der Bereichsdichten (= 4,96)

N = Bereichszahl (= 6)

Berechnung des Konzentrationsindex (Kix)

$$Kix = \frac{s \cdot 100 \cdot \sqrt{2}}{\text{Wertesumme}}$$

$$Kix = \frac{3,67 \cdot 100 \cdot \sqrt{2}}{44} = 11,79$$



Bereich (Nr.)

	Wertesumme	Felderanzahl	
1	10	1	10
2	8	1	8
3	6	1	6
4	13	4	3,25
5	4	2	2
6	3	6	0,5

Bereichsdichte d
(= Wertesumme / Felderanzahl)

„Konzentration“

Maximale „Konzentration“:

Ein Verhalten oder Objekt ist maximal „konzentriert“, wenn es auf nur einem Feld und sonst nirgends auf der Käfigfläche vorkommt. Der Kix ist in diesem Falle 100.

Es gibt dann zwei Bereiche, nämlich einen kleinen (Größe eines Feldes) mit sehr hoher Dichte und einen großen (alle übrigen Felder) mit sehr niedriger Dichte.

Je mehr Bereiche es gibt und je ähnlicher die Dichte der Bereiche ist, desto niedriger ist die „Konzentration“. Daher ist ein Einbeziehen der Standardabweichung in die Berechnung des Kix sinnvoll, da hier die Abweichungen der Bereichsdichten von deren Mittelwert sowie die Anzahl der Bereiche mit berücksichtigt werden. Der Kix wird damit umso kleiner, je mehr Bereiche gefunden werden und je geringer die Abweichung der Bereichsdichten voneinander ist. Der Kix liegt im Bereich zwischen 0 und 100.

Keine Konzentration = Gleichverteilung:

Ein Verhalten oder Objekt ist nicht „konzentriert“, wenn es gleichverteilt ist, wenn es also auf jedem Feld der Käfigfläche gleichviel vorkommt. In diesem Falle gibt es nur einen einzigen Bereich und somit keine Abweichung der Dichte. Der Kix ist dann definitionsgemäß 0.

Je näher ein Verteilungsbild der Gleichverteilung kommt, desto mehr nähert sich der Kix dem Wert 0 an.

Bei der Berechnung des Kix wurde die Einteilung der vorkommenden Werte in 5 Stufen gewählt. Diese Einteilung erfolgte zwar willkürlich, erschien aber als sinnvoller Kompromiß zwischen Genauigkeit und Zusammenfassung der Information:

Bei zu wenigen Stufen wird die Bereichsbildung sehr grob und undifferenziert. Es geht viel an Informationen verloren.

Bei zu vielen Stufen werden die Felder nicht zu Bereichen zusammengefaßt. Wenn jedes Einzelfeld als eigener Bereich erkannt wird, wird der Sinn der ganzen Berechnung, Felder ähnlicher Konzentration zu Bereichen zusammenzufassen, nicht erreicht.

Grafische Darstellung

Grafiken von EXCEL 7.0

Die Darstellung erfolgte meist in Form zwei- oder dreidimensionaler Säulendiagramme.

Dreidimensionale Säulendiagramme

Die Verteilung des vom DOTFINDER ermittelten Aufenthaltes über 12 Stunden sowie die Verteilung der Kotboli, der Fluoreszeinflecken, des Zellstoffs und der Futterpellets wurde in dreidimensionalen Säulendiagrammen dargestellt. Dabei umschließen die X- und die Y-Achse die Käfiggrundfläche, die in die entsprechenden Felder aufgeteilt ist. Auf der Z-Achse sind die Werte aufgetragen. Die Werte werden für jedes Feld als Säule dargestellt. Die Benennung der Koordinaten entspricht der in Abbildung 4.5.

Programm GRAUSTUFEN

Die Verteilungsbilder der einzelnen Verhaltenstypen wurden der Übersichtlichkeit halber zweidimensional dargestellt. Die Grafiken wurden mit Hilfe eines für diesen Zweck von S. SCHÄTZL geschriebenen Programmes GRAUSTUFEN (Programmiersprache Visual Basic, EXCEL 7.0) angefertigt. Jede Grafik zeigt die in die entsprechenden Felder aufgeteilte Käfiggrundfläche. Der Wert für jedes Feld ist als abgestufter Grauton dargestellt.

Das Programm GRAUSTUFEN ermittelt jeweils den kleinsten und größten Wert einer Verteilung, unterteilt den Bereich dazwischen in 10 gleichgroße Stufen und ordnet diesen Stufen eine entsprechende Graustufe zu (Hellgrau für Stufe 1, Schwarz für Stufe 10, Sonderfall: Bei Minimalwert = 0 wird Weiß zugeordnet) (Abbildung 4.10).

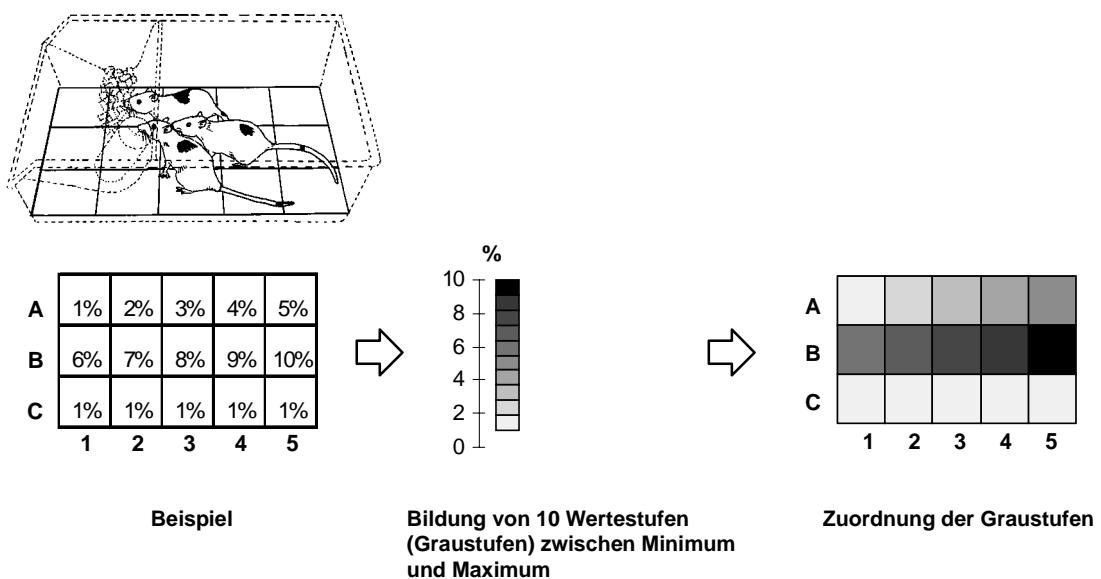


Abbildung 4.10 Erstellen von Diagrammen mit Hilfe des Programmes GRAUSTUFEN

Die Stufenanzahl 10 wurde gewählt, um die Verteilungsbilder möglichst differenziert und damit möglichst originalgetreu wiedergeben zu können. Mehr als 10 Grautöne kann das Auge allerdings nur schlecht differenzieren.

„Hauptorte“

Für eine Kombination der Verteilungsbilder der verschiedenen Verhaltensweisen und Objekte (Kapitel 5.8) mußte ermittelt werden, wo die Orte waren, an denen diese Verhaltensweisen / Objekte hauptsächlich vorkamen. Um diese „Hauptorte“ der Verteilungen zu ermitteln, wurde auch das Programm GRAUSTUFEN verwendet. Als „Hauptorte“ wurden die Felder definiert, auf denen die Werte so hoch waren, daß sie den Stufen 9 oder 10 zugeordnet werden konnten (Abbildung 4.10 und Abbildung 5.49).

Die „Hauptorte“ entsprachen damit den Feldern, denen bei der Berechnung des Kix die höchste Stufe zugeordnet wurde und die dadurch zu den Bereichen mit den höchsten Dichten gezählt wurden.

