

Ultradiane Rhythmik von Indikatoren der Hemisphärendominanz und kovariierender Verhaltensvariablen

Dissertation
zu Erlangung des Doktorgrades
der Sozialwissenschaften
(Dr. rer.soc.)

des Fachbereiches Psychologie
der Universität Konstanz
vorgelegt

von
Margarete Schauer

Konstanz 1998

Danksagung

Special thanks to Abaw Buseu Dzoebaw and his family for hosting and treating us like family members. I would also like to thank all the friends from Saen Charoen village up in the North-Thailand mountains. I will never forget the long evenings of narration at the fireplace with Mekong, the smell of rice getting steamed at 5 a.m. in the morning (when the people from 'uhba' were still lazy sleeping), the delicious pigs slaughtered for us, Appa's traditional wedding in the village, the personal advice and general wisdom of the elders.

I feel especially honored that many people trusted us (after having had such bad experiences with 'researchers'), that we were allowed to watch the healing procedures of the shaman and to take part at the men's nightly animal-hunting in the jungle.

Indispensable thanks to the 30 persons who took part in our experiment, shared their rice and chilli with us, caught birds to eat, found herbs and fruits in between the testings and had so much patience with their experimenter.

Extraordinary thanks to the Anthropologist Dr. Leo Alting von Geusau and his wife Deuleu Choopoh in Chiang Mai who trusted us enough to take us to their family in the mountains, introduced us to the village people, carefully prepared us for our stay in the mountains, accompanied us mentally and physically and constantly encouraged us with patience.

May 'Akhazan' last!

Den Nothelfern in dunklen Stunden der statistischen Ausweglosigkeit, Dr. Willy Nagl und Jörg Schaller, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen: tausend Dank!

Herzlich bedanken möchte ich mich bei dem Primatologen Dr. Volker Sommer vom Anthropologischen Institut der Universität London, durch dessen Anregung und Vermittlung ich meine Studie in Thailand verwirklichen konnte. Mein besonderer Dank gilt Dr. Dietrich Schmidt-Vogt vom Südostasien Institut der Universität Heidelberg, der mir - leider haben wir uns immer noch nicht persönlich kennengelernt - mit wichtigen und pragmatischen Informationen in jeder Phase der Planung meiner Forschungsreise half.

Diejenigen Personen, denen ich am meisten verdanke, finden sich hier nicht erwähnt. Es wollte mir nicht gelingen ihre Freundschaft und Zivilcourage innerhalb dieser Danksagung in Worte zu fassen. Ich hoffe eine Gelegenheit zu bekommen ihnen zurückzugeben, was sie mir entgegenbrachten: fraglose Unterstützung und bedingungslose Wertschätzung zu jedem Zeitpunkt.

Für Achilles, natürlich!

Meinem Vater

Dem Wanderer.

Den Herolden.

Dem Regenbogenfreund.

Ganz und gar nicht zuletzt: dem Chronisten.

„Ein Qualm, dann Flammen lichterloh,
Und noch zwanzig Minuten bis Buffalo.

Und das Schiffsvolk jubelt: ‘Halt aus! Hallo!’
Und noch zehn Minuten bis Buffalo.--“

John Maynard (Theodor Fontane)

Abkürzungsverzeichnis

BRAC	Basic Rest Activity Cycle
CBF	Cerebral Blood Flow
CVC	Konsonant-Vokal-Konsonant
ECT	Electroconvulsive Therapy
ISA-Test	Intracarotid Sodium Amobarbital-Test, Wada-Test
LD	Licht-Dunkel
LEA	Left-Ear-Advantage
LH	linke Hand
NREM	Non-Rapid-Eye-Movement Sleep
min/c	Minuten pro Zyklus
MRF	Mesencephale Reticulärformation
REA	Right-Ear-Advantage
REM	Rapid-Eye-Movement Sleep
RH	rechte Hand
SAM	Self Assessment Manikin
SCN	Nucleus Suprachiasmaticus
VHM	Ventromedialer Kern
Vpn	Versuchsperson
Z/T	Zyklen pro Tag

Spezifische Termini:

Alertness	Wachheit, Wahrnehmungsbereitschaft
Peak-to-Peak	Zeitliche Distanz zwischen den Maxima/Gipfeln in den geglätteten oder autokorrelierten Wahrnehmungs- oder Verhaltenszeitreihen
Sampling-Größe	Menge erhobener Datenpunkte
Self-Assessment	Selbst-Einschätzung/Bewertung
Shift	(Zyklischer) Seitenumschwung im lateralisierten Leistungs-/Wahrnehmungsvorteil

Studien im Bereich der neuropsychologischen Forschung gehen seit über 30 Jahren der Frage nach, ob sich die von Nathaniel Kleitman (1963) postulierte Theorie des *Basic Rest Activity Cycle* (BRAC) experimentell bestätigen läßt. Vorausgesetzt wird dabei ein grundlegender, genetisch fixierter, 24 Stunden überdauernder Ruhe-Aktivitätszyklus im ultradianen Frequenzbereich, der, neben dem Alternieren neuronaler und endokriner Aktivitäten des zentralen und autonomen Nervensystems, meßbare Variationen perzeptiver und kognitiver Leistungen bedingt und entsprechend Verhaltensweisen moduliert. **Angesichts der noch immer ungeklärten Natur ultradianer Rhythmen und deren tatsächlicher behavioraler Relevanz für den Menschen, stellt sich die Frage in wieweit solche Stundenrhythmen in einigen ausgesuchten, als Indikatoren ultradianer Rhythmizität der Hemisphärendominanz geltenden Variablen, kulturübergreifend zu finden sind, und ob ihre Phasenverläufe miteinander im Zusammenhang stehen.** Basierend auf dem bisherigen Kenntnisstand über ultradiane Rhythmizitäten in Wahrnehmungsaufgaben und auch deren behavioraler Korrelate wurde unter Berücksichtigung der Interhemisphärischen ‘Shift-Hypothese’, theoriegeleitet, ein komplexes Versuchsdesign erstellt.

Unter Annahme der ultradianen Aktivierung der cerebralen Hemisphären nach dem erweiterten BRAC-Modell, daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 80-120 Minuten mit dem periodischen gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht und damit einen zyklisch alternierenden Wahrnehmungsvorteil der linken und rechten Körperseite hervorruft, lautet die Fragestellung für alle Experimentalgruppen: Kann der von der BRAC-Hypothese postulierte Hemisphärenwechsel im ultradianen Zeitbereich anhand eines neuen, lateralisiert dargebotenen, **taktilen Wahrnehmungsexperimentes und eines dichotischen Hörexperimentes - beides Indikatoren der Hemisphärendominanz** -gestützt werden? Wie verhalten sich ferner die Phasenbeziehungen zwischen den Ergebnissen der rechten Körperhälfte (linke Hemisphäre) und der linken Körperhälfte (rechte Hemisphäre)?

Die Haupthypothese postuliert, daß die von der BRAC-Hypothese aufgestellte Annahme einer perzeptiven, lateralisierten Leistungsvariation im ultradianen Zeitbereich mit der taktilen und der auditorischen Methode bestätigt werden kann, sowie die Anzahl der Richtignennungen/Erstnennungen der rechten gegenüber der linken Seite präsentierten taktilen Stimuli kulturunabhängig zyklisch alterniert, d.h., daß sich die Leistungsmaxima ‘rechts’ gegen ‘links’ phasenverschoben zeigen, und sich der Wechsel dieses Wahrnehmungsvorteils im 80-120 Minuten-Zyklus vollzieht.

Ferner sollte untersucht werden, in welcher Weise die **Verhaltensvariable ‘Lokomotion’** mit den Wahrnehmungstests kovariiert. Die Teilhypothese besagt, daß Lokomotion im Freiland die lateralisierten Ultradianrhythmen nicht beeinflußt, d.h., daß die ultradiane Rhythmizität unter Lokomotionsbedingungen im Freiland während der 8-stündigen Begehung einer standardisierten Strecke sich nicht von derjenigen der *Laborgruppe* unterscheidet.

Im engen Zusammenhang mit der Lokomotion und der Exploration eines Geländes steht die **Verhaltensvariable ‘Nahrungsaufnahme’**. Die Hypothese postuliert, daß die orale Aktivität der Nahrungsaufnahme sowie das Lokomotionsbedürfnis kulturübergreifend, periodisch in ultradianen Schüben von 80-120 Minuten auftritt. Die Teilhypothese postuliert, daß Phasen der Nahrungsaufnahme als Analogon der nächtlichen REM-Phasen (rechtshemisphärische Aktivierung) parallel zur linkshändigen Überlegenheit auftreten, d.h. in Gegenphase zur Lateralisierung oszillieren.

Der Einfluß lateralisierter ultradianer Rhythmen auf neurophysiologische und neuroendokrine Aktivitäten der Hemisphären sollte sich auch bei solchen Mechanismen bemerkbar machen, die am Aufbau mentaler Landkarten beteiligt sind. Dieser Einfluß sollte sich in der Güte deren Wiedergabe niederschlagen. Damit sollte sich im Sinne der funktionalen Hemisphärenasymmetrie eine **ultradian schwankende Orientierungsleistung/ räumliche Erinnerungsleistung (und auch eine dazu antizyklisch schwankende verbale Erinnerungsleistung)** einstellen.

Weiterhin sollte geprüft werden, inwieweit die **‘emotionale Befindlichkeit’** mit der schwankenden Hemisphärendominanz im Zusammenhang steht. Oszillationen, welche die Hemisphären im ultradianen Zeitbereich aktivieren, müßten auch das subjektive Erleben im Phasenverlauf der lateralisierten Aktivitätszyklen beeinflussen. Die Teilhypothese besagt, daß die emotionale Befindlichkeit in den drei relevanten Dimensionen Valenz, Dominanz und Arousal ultradianen Schwankungen unterliegt und, daß die emotionale Befindlichkeit parallel zum Phasenverlauf der lateralisierten Aktivitätsschwankungen oszilliert.

Alle Versuchspersonen hatten über mindestens sieben Stunden den taktilen Diskriminationstest zu absolvieren (Somatosensorische Aufgabe: Explorieren und Vergleichen von - für naive Versuchspersonen - ‘sinnfreien’ Blindenschriftzeichen). In viertelstündlichen Abständen mußten nacheinander in quasirandomisierter Abfolge mit der linken und rechten Hand jeweils 18 Paare von Braille-Schriftzeichen nach dem Merkmal ‘gleich’ oder ‘verschieden’ untersucht werden.

In Studie I wurde dieser Test an sechs weiblichen und zehn männlichen Versuchspersonen unter Laborbedingungen (Gruppe *Labor*) mit isolierten Einzelpersonen vorgenommen.

In Studie II absolvierten die Probanden parallel zum taktilen Diskriminationstest eine verbale Aufgabe, das sogenannte 'Dichotische Hören'. Die Stichprobe der Gruppe *Dichotisches Hören* umfaßte sieben weibliche und sieben männliche, deutschsprachige, rechtshändige Versuchspersonen. Viertelstündlich wurden 40 synchronisierte Wortpaare des deutschen Wortschatzes binaural über Stereokopfhörer dargeboten. Die Versuchspersonen waren zudem bereit, in viertelstündlichen Abständen anhand eines Befindlichkeitsfragebogens (SAM), Fluktuationen in ihrem emotionalen Befinden zu dokumentieren. Ferner wurden die Nahrungsaufnahmezyklen der Probanden protokolliert.

Aufbauend auf Studie III, welche während der Pausen im taktilen Test von sechs weiblichen und sieben männlichen Versuchsteilnehmern die Begehung einer festgelegten Lokomotionsstrecke im Freiland verlangte (Gruppe *Walking*), absolvierten in Studie IV sechs weibliche und vier männliche Versuchspersonen parallel zum taktilen Diskriminationstest eine räumliche Aufgabe: Orientierung in einem unbekanntem, ca. 10 km² umfassenden Freilandgebiet (Gruppe *Orientierung*). Die Probanden waren auch bei Studie IV bereit, in viertelstündlichen Abständen anhand eines Befindlichkeitsfragebogens (SAM) Fluktuationen in ihrem emotionalen Befinden zu dokumentieren. Ferner wurden sowohl die Nahrungsaufnahmezyklen der Versuchsperson notiert, als auch das Lokomotion-Pauseverhalten über einen Pedometer aufgezeichnet. Am Ende des Versuchstages wurden die Teilnehmer angehalten, eine repräsentative Karte des explorierten Freilandgebietes aus der Erinnerung wiederzugeben (zu zeichnen), und auch die aus dem Tagesverlauf erinnerbaren Kommunikationsinhalte darin einzutragen.

In Studie V.1. wurden mit den in Studie IV genannten Methoden (taktile Diskriminationstest, Lokomotion-Pause-Protokoll, Nahrungsaufnahme-Protokoll, Befindlichkeitsfragebogen) 15 weibliche und 15 männliche Angehörige des *Akha*-Stammes im Bergland von Nord-Thailand während der Reisernte untersucht. In einer zweiten kulturvergleichenden Studie (V.2.) unterzogen sich 19 männliche Angehörige des *Massai*-Stammes in Kenia dem taktilen Diskriminationstest während dem täglichen Auf- und Abtrieb ihrer Viehherden. Auch hier wurden die Lokomotions-Pausen-Intervalle pedometrisch festgehalten.

Gefunden werden konnte, daß die taktile Diskriminationsleistung deutlichen Leistungsschwankungen über den Meßtag hinweg unterliegt. Im Mittel über alle Versuchspersonen schwankte die Tastleistung um mehr als 70%. Neben ultradianen und circadianen Fluktuationen in den Zeitreihen fanden sich keine Anzeichen dafür, daß die Probanden die Braille-Zeichen im Laufe der Messungen als Bedeutungseinheiten wiedererkennen lernten. Offenbar wurde keine Kodierung der sinnfreien Punktmuster vorgenommen. Vielmehr wurde auch nach mehrstündiger Darbietung 'naiv' das taktile Diskriminationsergebnis wiedergegeben. Allerdings scheint die zunehmende Tasterfahrung dazu zu führen, daß sich die Fähigkeit, die taktilen Stimuli sensorisch zu unterscheiden verbesserte. Nur ca. 40% aller Falschnennungen kamen durch sogenannte 'different'-Fehler zustande, indem die Versuchsperson zwei verschiedene Items in der taktilen Diskrimination vermeintlich für gleich hielt. Dagegen resultierten 60% aller Falschnennungen aus 'same'-Fehlern, daß nämlich die Versuchspersonen gleiche Items als verschieden ansahen. Es zeigte sich für keine der Gruppen ein deutlicher Handvorteil. Über alle 102 Versuchspersonen in den fünf Gruppen ergab sich ein Rechtshandvorteil von weniger als 0,3%.

Das Stimulusmaterial erwies sich als hinreichend, kontralaterale, zyklisch alternierende, hemisphärenspezifische Aktivierungsprozesse abzubilden. Die inkonsistenten Ergebnisse früherer Arbeiten zur Handdominanz beim Explorieren von Blindenschriftzeichen können sich, so wird diskutiert, durch die gefundenen ultradianen Fluktuationen erklären lassen, welche geeignet sind Testleistungen in lateralisierten Wahrnehmungstests zu kontaminieren.

Die Periodenintervalle rechts- und linkshändiger Diskriminationszeitreihen wiesen für die 'linke', als auch für die 'rechte Hand' eine systematische Zyklizität von 2 Stunden (Median) = 12 Zyklen pro Tag auf, und lagen somit innerhalb der postulierten BRAC-Frequenz. 95 Personen (93%) zeigten den vorhergesagten zyklischen Seitenumschwung in der lateralisierten Leistung. Die mittleren zeitlichen Abstände mit denen sich Rechts- und Linkshandvorteile zyklisch abwechselten waren dabei deutlich kürzer (M 82.9 Minuten; Median 80 Minuten) als die durchschnittlichen Periodenintervalle der Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand'. Der von der 'erweiterten' BRAC-Hypothese (80-120 Minuten) postulierte interhemisphärische 'Shift' im ultradianen Zeitbereich bestätigt sich damit. In diesen Interhemisphärischen 'Shift'-Zyklen ergab sich dabei statistisch kein Unterschied zwischen den Gruppen.

Die Bedeutung der interhemisphärischen 'Shift'-Hypothese wird insofern geschwächt, als Schwankungen der Ohrdominanz/-präferenz und der taktilen Diskriminationsfähigkeit nicht bei allen Personen mit der Annahme zu vereinbaren waren, daß es sich hierbei um zyklische Zustandsänderungen handelt, welche jeweils die 'ganzen' cerebralen Hemisphären

betreffen. Der Vergleich der mittleren Lateralisierung zwischen den Wahrnehmungstests ergab keine intrasubjektive Übereinstimmung in der Lateralisierung der Personen.

Das Lokomotionsverhalten trat kulturübergreifend mit ultradianen Perioden auf. Allerdings zeigten sich die mittleren Phasenintervalle der Lokomotion mit ca. 2.5 Std. langsamer als die vorhergesagte BRAC-Frequenz von 80-120 Minuten. Weiterhin konnte gefunden werden, daß weder die Lokomotion selbst, noch die Freilandbedingung einschließlich ihrer Distraktoren die ultradiane Frequenz oder die Fehlerrate im Tasten beeinflusste.

Die Befunde aus den Studien II und IV ergaben aber, daß bestimmte kognitive Anforderungen Einfluß auf die ultradiane Phase nehmen können. Die linkshemisphärischen Leistungszyklen (rechte Hand) verlängerten sich unter Explorationsbedingungen (räumliche Aufgabe). Umgekehrt verlangsamten sich die Leistungszyklen der rechten Hemisphäre (linke Hand) unter der dichotischen Hörbedingung (verbale Aufgabe).

Ferner konnten signifikant positive Korrelationen zwischen dem ultradian wechselnden Hemisphärenvorteil und den hemisphärenspezifischen, räumlichen und verbalen Aufgaben gezeigt werden. Die räumliche Erinnerung war während Phasen mit rechtshemisphärischer Dominanz verbessert, während die Erinnerung an verbale Inhalte in Zeiten einer linkshemisphärischen Überlegenheit leichter fiel. Diese Ergebnisse entsprechen sehr gut der Arbeitshypothese, daß ein alternierend auf die Hemisphären Einfluß nehmender endogener Ultradianzyklus die kognitive Leistung entsprechend steuert. Zudem wird diskutiert, daß die ultradianen Halbphasen rechtshemisphärischer Hochleistung bei der Kulturgruppe der *Massai* im Zusammenhang mit bedeutsamen Raummerkmalen stehen.

Die Ergebnisse unserer Studien stützen ferner die Haupthypothese bezüglich der emotionalen Befindlichkeit, daß nämlich die drei relevanten Dimensionen subjektiven Erlebens (Valenz, Dominanz und Arousal) ultradianen Schwankungen unterliegen. Daß die emotionale Befindlichkeit parallel mit den lateralisierten Aktivitätsschwankungen der Hemisphären verläuft, konnte dagegen nicht eindeutig bestätigt werden. Nur wenige Personen zeigten einen Phasenzusammenhang zwischen 'Hemisphäre' und Gefühlsqualität.

Diskutiert wird ferner der Befund, daß sich Valenz und Erregung als 'Basisdimensionen emotionalen Erlebens' in ultradianen Phasen über den Tag gegenseitig bedingen. Dabei ergab sich ein deutlicher Kulturunterschied. Dies läßt sich aus den verschiedenen kognitiven Bedeutungszuschreibungen für bestimmte Gefühlsqualitäten in den Kulturgruppen erklären und gibt ferner Aufschluß über 'emotionales Befinden' als psychologisches Kontinuum.

In der Variable 'Nahrungsaufnahme' wurde eine orale Zyklizität im Frequenzbereich des BRAC von 90 Minuten (Median) gefunden. Dieses Ergebnis stützt die Haupthypothese, welche postulierte, daß die orale Aktivität der Nahrungsaufnahme kulturübergreifend, periodisch in ultradianen Schüben von 80-120 Minuten auftritt.

Das Nahrungsaufnahme-Verhalten regte dabei keine Veränderung im Leistungsverlauf der Wahrnehmungsaufgaben an.

Ließ man die Probanden nach ihrem Belieben Nahrung zu sich nehmen, so trat vorwiegend in Phasen rechtshemisphärischer Überlegenheit spontane orale Aktivität auf. Dauerte die linkshändige Überlegenheit länger an, so wurde oftmals entsprechend länger Nahrung aufgenommen. Nur eine Versuchsperson, eine Probandin mit einer Eßstörung, zeigte Nahrungsaufnahme während rechtshändiger Überlegenheit. Damit bestätigt sich die entsprechende Hypothese, welche postulierte, daß Phasen der Nahrungsaufnahme (als Analogon der nächtlichen REM-Phasen mit rechtshemisphärischer Aktivierung) parallel zur linkshändigen Überlegenheit auftreten. Es zeigte sich zudem, daß die Personen dann Nahrung zu sich nehmen, wenn ihre emotionale Erregung niedrig ist.

Auch für den Zusammenhang zwischen Lokomotion, Nahrungsaufnahme und Hemisphärenaktivierung ergab sich ein deutlicher Kulturunterschied. Bei den weiblichen Probanden oszillierte das Selbstsicherheits-Erleben antizyklisch zu den Lokomotionsschüben. Die Selbstunsicherheit (Submission) stieg damit proportional zur steigenden lokomotorischen Aktivität und die Selbstsicherheit ('Dominanz') proportional zur sinkenden Exploration. Weibliche Versuchspersonen fühlten sich während den räumlichen Explorationsphasen unsicher. Ihr Selbstwertgefühl stieg dagegen in Ruhephasen an. Für die Männer ergab sich, als Tendenz, der umgekehrte Zusammenhang.

Ebenso diskutiert wird der Einfluß der circadianen Tagesperiodik auf die lateralisierte, taktile Diskrimination und die Befindlichkeitsebenen. Zusammenfassend ließ sich feststellen, daß unter hemisphärenspezifischer, kognitiver Belastung lateralisiert eine negative Circadianperiodik auftritt, d.h. diejenige Seite vermehrt einem circadianen Einfluß unterliegt, welche kontralateral hemisphärenspezifisch belastet wird.

1) Einleitung und Stand der Forschung	14
1.1. Chronobiologie	14
1.1.1. Wissenschaftliches Forschungsinteresse - Biologische Rhythmen	14
1.1.2. Biologische Rhythmen - endogene oder exogene Ursachen	15
1.1.2.1. Konzepte: 'Zeit' versus 'subjektive Uhr'	15
1.1.2.2. Endogene Natur biologischer Rhythmen	16
1.1.2.2.1. Wie werden biologische Rhythmen generiert? (Schrittmacher)	16
1.1.2.2.2. Argumente gegen ein homöostatisches Prinzip	18
1.1.2.3. Exogene Einflüsse auf biologische Rhythmen (Zeitgeber)	18
1.2. Ultradiane Rhythmen	19
1.2.1 Definition des Begriffes 'ultradiane' Rhythmik - Bedeutung und Funktion ultradianer Rhythmen	19
1.2.1.1. Funktionen biologischer Rhythmen	21
1.2.1.2. Funktionen ultradianer Rhythmen	21
1.2.2. Lateralisierte Corticale Aktivierung mit ultradianer Frequenz	23
1.2.3. Ultradiane Wachrhythmen - das Tag-Analogon zu den nächtlichen REM-NREM Zyklen: Die Hypothese des 'Basic Rest Activity Cycles' (BRAC)	24
1.2.4. Interhemisphärische 'Shift-Hypothese'	27
1.2.4.1. Interhemisphärischer Dominanzwechsel: Alternierender 'kognitiver Stil'	29
1.2.4.2. Langsamer BRAC?	31
1.2.4.3. Interhemisphärische 'Shift-Hypothese' und taktile Tests	32
2) Ziele der Studien - Experimentalplan und Stichprobenbeschreibung	34
2.1. Beschreibung der Studien	35
2.1.1. Gesamtstichprobenbeschreibung und Experimentalplan	36
3) Hauptinstrument - Der taktile Diskriminationstest	37
3.1. Relevante Rezeptoren und Rezeptive Felder	37
3.2. Somatosensorik und 'Active Touch'	37
3.2.1. Bildet die Fehlerrate taktiler Diskrimination hemisphärenspezifisch lateralisierte Vorgänge ab?	38
3.2.2. Tastvorteil der linken Hand für Braille-Muster?	41
3.3. Der taktile Test - Methodik	42
3.3.1 Die Tast-Karten	42
3.3.2. Karteninstruktion	43
3.3.3. Datenerhebung und Datenauswertung	43
3.3.3.1 Rohdatenaufbereitung	43
3.3.3.2. Mathematische Periodikanalyse	43
3.3.3.2.1. Filterung	43
3.3.3.2.2. Trendbereinigung	44
3.3.3.2.3. Auto- und Kreuzkorrelationsanalyse	45
3.3.3.2.4. Wellenfelder und Prüfverfahren	47
4) Studie I: Taktile Diskriminationstest unter Laborbedingung	49
4.1. Hypothesen	49
4.2. Versuchsplan und Datenerhebung	49
4.2.1. Fragebogen und Instruktion	49
4.2.2. Versuchspersonen	50
4.2.3. Versuchsablauf	50
4.3. Methoden und Datenauswertung	50
4.4. Ergebnisse	50
4.4.1. Lateralisierungsindizes	50
4.4.2. Mittelwertsvergleich	51
4.4.3. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen	
4.4.4. Histogramme der Periodenintervalle rechts- und linksseitiger Oszillationen	52
4.4.5. Phasenbeziehungen in der taktilem Diskriminationsleistung zwischen rechter und linker Hand	53
4.4.5.1. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen	54
4.4.5.2. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'	55
4.4.6. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand'	56

Studien II, III, IV: Die Bewältigung verbaler und räumlicher Langzeitaufgaben unter dem Einfluß lateralisierter Ultradianrhythmen

5) Studie II: Taktile Diskriminationstest und Dichotischer Hörtest	59
5.1. Das dichotische Hörparadigma	60
5.1.1. Geschlechtsunterschiede in dichotischen Höraufgaben	60
5.1.2. Ein Überblick über die dichotische Höraufgabe im Hinblick auf die cerebrale Organisation	61
5.1.3. Der dichotische Hörtest und der taktile Diskriminationstest im Vergleich	64
5.2. Hypothesen	65
5.3. Versuchsplan und Datenerhebung	65
5.3.1. Fragebogen und Instruktion	65
5.3.2. Versuchspersonen	66
5.3.4. Stimulusmaterial	66
5.3.5. Versuchsablauf	66
5.4. Datenverarbeitung	67
5.4.1. Rohdatenaufbereitung	67
5.4.2. POC und Lateralisierungsindex	67
5.5. Ergebnisse	67
5.5.1. Lateralisierungsindizes der Hörleistung	67
5.5.2. Seiten-Quotienten der Hörleistung	68
5.5.3. Mittelwertsvergleich der Hörleistung des rechten und linken Ohres	68
5.5.4. Lateralisierungsindizes der Tastleistung	69
5.5.5. Mittelwertsvergleich der Tastleistung der rechten und linken Hand	69
5.5.6. Korrelationen zwischen den Tast- und Hörzeitreihen	69
5.5.7. Vergleich der Lateralisierung zwischen dichotischem Hörtest und taktilem Diskriminationsaufgabe	70
5.5.8. Prüfung der Phasenübereinstimmung zwischen der Ohr-Hand Lateralisierung	71
5.5.9. Histogramme der Periodenintervalle rechts- und linksseitiger Oszillationen in der dichotischen Hörleistung	73
5.5.10. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der dichotischen Hörleistung zwischen rechtem und linkem Ohr	74
5.5.11. Interhemisphärisch alternierende Leistungsmaxima im dichotischen Hören	75
5.5.12. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links- und rechtshändiger Diskrimination	76
5.5.13. Histogramme der Periodenintervalle der rechts- und linksseitigen Oszillationen	77
5.5.14. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilem Diskriminationsleistung rechter und linker Hand	78
5.5.15. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'	79
5.5.16. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen 'rechte Hand' und 'linke Hand'	80
5.5.17. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen 'rechtes Ohr' und 'linkes Ohr'	82
6) Studie III: Taktile Diskriminationstest während Lokomotion im Freiland	86
6.1. Hypothesen	86
6.2. Versuchsplan und Datenerhebung	86
6.2.1. Fragebogen und Instruktion	86
6.2.2. Versuchspersonen	87
6.2.3. Versuchsablauf	87
6.3. Methoden und Datenauswertung	88
6.4. Ergebnisse der Felduntersuchung	88
6.4.1. Zeitreihen und Spurdiagramme: Ultradiane Muster im Raum	88
6.4.2. Lateralisierungsindizes der Tastleistung	89
6.4.3. Mittelwertsvergleich zwischen rechter und linker Hand	90
6.4.4. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links- und rechtshändiger Diskrimination	90
6.4.5. Histogramme der Periodenintervalle rechts- und linksseitiger Oszillationen	91
6.4.6. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilem Diskriminationsleistung rechter und linker Hand	92
6.4.7. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'	93
6.4.8. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen RH und LH	94
6.4.9. Zusammenfassung und Diskussion	95
7) Studie IV: Taktile Diskriminationstest und Orientierung	97
7.1. Theoretische Ausgangsüberlegungen	97
7.2. Hypothesen	99
7.3. Versuchsplan und Datenerhebung	100
7.3.1. Fragebogen und Instruktion	100
7.3.2. Versuchspersonen	100
7.3.3. Versuchsablauf	101

7.4. Methoden und Datenauswertung	101
7.5. Ergebnisse	102
7.5.1. Lateralisierungsindizes der Tastleistung	102
7.5.2. Mittelwertsvergleich zwischen rechter und linker Hand	102
7.5.3. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links-und rechtshändiger Diskrimination	103
7.5.4. Histogramme der Periodenintervalle rechts-und linksseitiger Oszillationen	103
7.5.5. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand	104
7.5.6. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'	106
7.5.7. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen RH und LH	107
7.5.9. Räumliche und Verbale Erinnerungsleistung	108
7.5.9.1. Periodenintervalle der räumlichen Erinnerung	109
7.5.9.2. Interhemisphärischer 'Shift' als räumliches Spurbild	109
7.5.9.3. Phasenzusammenhänge zwischen den Lateralisierungsverläufen und den Erinnerungsleistungen	110
7.5.10. Lokomotion und Orientierungsleistung	112
7.5.11. Taktile Diskriminationsleistung und Orientierungsleistung	112
7.6. Cerebrale Ultradianzyklen und mentale Landkarten - Zusammenfassung und Diskussion	112
8) Studie V: Ultradiane Rhythmen im Kulturvergleich	117
8.1. Untersuchungen bei kenyanischen <i>Massai</i>	117
8.1.1. Ethnographische Angaben	117
8.1.2. Hypothesen	118
8.1.3. Versuchsplan und besondere Umstände der Datenerhebung	118
8.1.3.1. Instruktion	118
8.1.3.2. Versuchspersonen	118
8.1.3.3. Versuchsablauf	118
8.1.4. Methoden und Datenauswertung	119
8.1.5. Ergebnisse	119
8.1.5.1. Lateralisierungsindizes der Tastleistung	
8.1.5.2. Mittelwertsvergleich zwischen linker und rechter Hand	119
8.1.5.3. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links-und rechtshändiger Diskrimination	120
8.1.5.4. Histogramme der Periodenintervalle rechts-und linksseitiger Oszillationen	121
8.1.5.5. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand	122
8.1.5.6. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'	124
8.1.5.7. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen RH und LH	125
8.1.5.8. Zusammenfassung und Diskussion verschiedener Ergebnisse	126
8.1.5.8.1. Lineare und circadiane Niveauveränderungen	126
8.1.5.8.2. Lateralisierte ultradiane Hoch-und Tiefleistungsphasen bezogen auf den Raum	127
8.2. Untersuchungen bei thailändischen <i>Akha</i>	128
8.2.1. Ethnographische Angaben	128
8.2.2. Hypothesen	128
8.2.3. Versuchsplan und besondere Umstände der Datenerhebung	129
8.2.3.1. Instruktion	129
8.2.3.2. Versuchspersonen	129
8.2.3.3. Versuchsablauf	130
8.2.4. Methoden und Datenauswertung	130
8.2.5. Ergebnisse	131
8.2.5.1. Lateralisierungsindizes der Tastleistung	131
8.2.5.2. Mittelwertsvergleich zwischen rechter und linker Hand	131
8.2.5.3. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links-und rechtshändiger Diskrimination	132
8.2.5.4. Histogramme der Periodenintervalle rechts-und linksseitiger Oszillationen	132
8.2.5.5. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand	134
8.2.5.6. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'	135
8.2.5.7. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen RH und LH	136
9) Ultradiane Rhythmen der Befindlichkeit (Studie II, IV, V)	140
9.1. Theoretische Ausgangsüberlegungen	140
9.2. Hypothesen	142

9.3. Methode	142
9.4. Datenverarbeitung	143
9.5. Ergebnisse	143
9.5.1. Wellenfeld-Diagramme und Frequenzhäufigkeiten ultradianer Oszillationen der Befindlichkeitsdimensionen	143
9.5.1.1. Frequenzverteilungen gesamt in den Befindlichkeitsebenen und Gruppenmittelwerte	146
9.5.1.2. Zusammenfassung und Diskussion	147
9.5.2. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Dimensionen der Befindlichkeit	148
9.5.2.1. 'Valenz'	148
9.5.2.2. 'Arousal'	149
9.6. Zusammenfassung und Diskussion	151
9.7. Hemisphärenlateralisierung und Emotionale Befindlichkeit	152
9.7.1. Lateralisierungszeitreihen vs. 'Valenz', 'Dominanz' und 'Arousal' Lateralisierung (taktiler Test) und Befindlichkeit der Versuchspersonen verschiedener Gruppen	152
9.7.2. Zeitreihen der linken und rechten Hand vs. Zeitreihen der 'Valenz', der 'Dominanz' und des 'Arousal'	154
9.7.2.1. Valenz Korrelationen und Kreuzkorrelationen der Zeitreihen für die verschiedenen Gruppen	154
9.7.2.2. Dominanz Signifikante Korrelationen der Zeitreihen für die verschiedenen Gruppen	157
9.7.2.3. Arousal Signifikante Korrelationen der Zeitreihen für die verschiedenen Gruppen	158
9.7.3. Zusammenfassung der statistisch signifikanten, korrelativen Zusammenhänge zwischen den Hände-Zeitreihen und den Zeitreihen aus den Dimensionen der Befindlichkeit	159
9.7.3.1. Gruppenzusammenfassung (<i>Akha</i> , <i>Dichotisches Hören</i> , <i>Orientierung</i>) für die Befindlichkeitsebenen	159
9.7.3.2. Gruppenunabhängige Übersicht (Alle Vpn)	161
9.7.4. Zusammenfassung und Diskussion: Hemisphärenlateralisierung und Emotionale Befindlichkeit	161
10) Ultradiane Rhythmen der Lokomotion und Nahrungsaufnahme (Studie IV und V)	164
10.1 .Theoretische Ausgangsüberlegungen	164
10.2. Hypothesen	168
10.3. Methoden und Datenauswertung	168
10.4. Ergebnisse	169
10.4.1. Periodenintervalle der Lokomotionszyklen (Gruppen: <i>Akha</i> , <i>Massai</i> und <i>Orientierung</i>)	169
10.4.1.1. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Lokomotionsschübe	169
10.4.1.2. Periodenintervalle und Frequenzhistogramme	170
10.4.1.3. Zusammenfassung und Diskussion	172
10.4.3. Periodenintervalle und Phasenzusammenhänge von Nahrungsaufnahme- und Lokomotionszyklen	173
10.4.3.1. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Nahrungsaufnahmephasen	173
10.4.3.2. Periodenintervalle und Frequenzhistogramm	174
10.4.3.3. Zusammenhang zwischen Lokomtion und Nahrungsaufnahme in der Gruppe <i>Orientierung</i>	174
10.4-1) Hemisphärenlateralisierung, Lokomotion und Nahrungsaufnahme	174
10.4-1.1. Taktile Diskrimination und Lokomotion	174
10.4-1.2. Taktile Diskrimination und Nahrungsaufnahme- Intermanueller Seitenwechsel und Nahrungsaufnahme	176
10.4-1.2.1. Wellenfelder der Lateralisierungsverläufe synchronisiert auf die Nahrungsaufnahme	176
10.4-1.2.2. Zusammenfassung und Diskussion: Nahrungsaufnahme und Hemisphärenlateralisierung	177
10.4-2) Hemisphärenlateralisierung, Nahrungsaufnahme, Lokomotion und Befindlichkeit	178
10.4-2.1. Nahrungsaufnahme und emotionale Erregung ('Arousal') Zusammenfassung: Hemisphärenlateralisierung, Nahrungsaufnahme und Lokomotion	178
10.4-2.2. Lokomotion und emotionale Erregung ('Arousal')	179
10.4-2.3. Exploratives Verhalten, Lateralisierung und Selbstsicherheit Zusammenfassung und Diskussion	181
10.4-2.4. Exploratives Verhalten, Lateralisierung und Valenz	184
10.4-2.4.1. Räumliche Orientierungsleistung vs 'Valenz' und 'Dichotische Hörleistung' vs 'Valenz'	185

11) Gesamtgruppenbeschreibung der experimentellen Ergebnisse	186
11.1. Fehlerhäufigkeit, taktile Perzeption und Hemisphärenlateralisierung	186
11.1.1. Leistungsschwankungen über die Zeit im taktilen Diskriminationstest	186
11.1.2. Richtignennungen im taktilen Diskriminationstest im Gruppenvergleich und nach Geschlechtern	186
11.1.3. Entscheidungsverhalten der Versuchspersonen in Bezug auf die Fehlerarten	187
11.1.4. Lateralisierungsindizes der Gruppen für die Mittelwerte aus 8-Stunden taktilem Diskriminationstest	188
11.1.5. Kein perzeptueller Tastvorteil der linken Hand für Braille-Muster	188
11.2. Periodenintervalle und intermanuelle ‘Shift-Zyklen’ der taktilen Diskrimination	190
11.2.1. Übersicht über die Frequenzen der Tastleistung	190
11.2.2. Häufigkeitsverteilung der Frequenzen in der taktilen Diskriminationsleistung	191
11.2.3. Mittelwertsvergleiche zwischen den Periodenintervallen in den verschiedenen Gruppen	192
11.2.4. Mittelwertsvergleich der interhemisphärischen ‘Shift’-Zyklen über die Gruppen	193
11.2.5. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung aller Versuchspersonen	193
Interhemisphärisch alternierende Leistungsmaxima	194
11.3. Lineare und quadratische/circadiane Niveauveränderungen in den Zeitreihen	195
11.3.1. Circadianperiodik in der taktilen Leistung im Gruppenvergleich und nach Geschlechtern	195
Zusammenfassung und Diskussion	196
11.3.2. Steigende und sinkende Tastleistungen der Versuchspersonen innerhalb eines Tages	197
11.3.3. Tastleistungen bei mehrmaliger Teilnahme am Experiment	198
Lernprofile	198
11.3.4. Circadianperiodik in den Dimensionen der Befindlichkeit	200
11.3.4.1. Befindlichkeitsebene ‘Valenz’	200
11.3.4.2. Befindlichkeitsebene ‘Arousal’	202
12) Abschließende Gesamtbewertung - Konsequenzen und Kritik	204
Literaturverzeichnis	209
Anhang	224

1) Einleitung und Stand der Forschung

1.1. Chronobiologie

'All such biological clocks are adaptations to life on a rotating world'

William Schwartz

Die Fragestellungen der Chronobiologie befassen sich mit der Untersuchung und Quantifizierung von Mechanismen der biologischen Zeitstrukturen, die in lebenden Organismen zu finden sind. Sogenannte 'Biologische Uhren' sind phylogenetisch entstandene Anpassungen an das Leben in einem von Rhythmisizitäten geprägten Umfeld. Die Erdrotation und damit der Hell-Dunkel Wechsel konfrontierten die sich evolvierenden Lebensformen mit periodischen Abläufen, welche sich heute als genetisch fixierte, periodische Prozesse wiederfinden lassen. Alle Lebewesen stehen in zeitlicher Übereinstimmung mit geophysikalischen Veränderungen. So gibt es bei Mensch und Tier sowohl Tages-, als auch Jahresrhythmik, bei Meerestieren im besonderen rhythmische Übereinstimmungen mit den Mondphasen und den Gezeiten. Ferner Photoperiodik bei Pflanzen, Zeiten der Fortpflanzung, der Wanderung oder des Winterschlafes bei manchen Tierarten, um nur einen Teil dieser Adaptionen zu nennen.

Weiterhin existieren eine Vielzahl physiologischer Mechanismen, die zwar oszillieren, aber nur indirekt in Verbindung mit zyklischen Veränderungen der Umwelt stehen (z.B. die Aktivität einzelner Neurone, die Herz- und Atmungsfrequenz, die Tätigkeit endokriner Drüsen, die gesamten metabolischen Prozesse (Transportprozesse eines Organismus über Membranen, Diffusion etc), der epigenetische Zeitbereich (DNA-Ebene, Prozesse wie Transkription, Translation, Aufgaben von Bindungsproteinen etc., allgemein die Weitergabe des Genoms), die zellulären Mechanismen (Zellteilung als prominentes Beispiel einer biologischen, ultradianen, makromolekularen Oszillation). Hierunter werden auch die Rhythmisizitäten im Stundenbereich eingeordnet: der Verlauf der Körpertemperatur, der Schlaf-Wach-Rhythmus beim Menschen, Ruhe- und Aktivitätszyklen bei Mensch und Tier, die Schwankungen der Leistungs- und Lernfähigkeit.

Periodische Fluktuationen verschiedenster Variablen können als grundlegendes Phänomen lebender Organismen verstanden werden.

'Leben' könnte somit als ein Ensemble von Oszillationen¹ beschrieben werden, dessen Spektrum im Frequenzbereich zwischen Millisekunden und mehreren Jahren besteht. Zur Definition des 'biologischen Rhythmus' soll hier die Auffassung von Jürgen Aschoff herangezogen werden, der darunter die Wiederkehr gleicher Zustände oder Ereignisse nach etwa gleichen Zeiten versteht (Aschoff, 1981).

1.1.1. Wissenschaftliches Forschungsinteresse - Biologische Rhythmen²

Die Entdeckung von de Mairan im Jahre 1729, daß tagesperiodische Blattbewegungen von Pflanzen auch im Dunkeln fortbestehen, deutete erstmals eine grundlegende Eigenschaft dieser Rhythmen an. Allgemeine Beachtung als empirische Disziplin fand die Chronobiologie aber erst 200 Jahre später durch die Arbeiten von Bünning (Bünning, 1935, 1973).

Die Aufmerksamkeit der chronobiologischen Forschung richtete sich auf Tagesrhythmen, circadiane Prozesse. Ein Tagesrhythmus mit dem wir am besten vertraut sind ist der Schlaf-Wach-Zyklus, der Prozeß des Alternierens zwischen Schlafen und Wachen und innerhalb dessen, die sog. ultradian schwankenden Schlafzustände im zyklischen Wechsel zwischen REM (Rapid Eye Movement) und NREM (Non-Rapid Eye Movement) -Phasen. Erst im letzten Jahrzehnt wurde, abgehoben von den circadianen, die Bedeutung ultradianer Rhythmen erkannt (Schultz und Lavie, 1985; Lloyd und Rossi, 1992).

¹ Oszillatoren sind zentrale Schrittmacher, die genetisch determiniert, unabhängig von externer Zeitinformation, periodische Fluktuationen zeigen.

² Rhythmus, Periodizität und Oszillation werden synonym verwendet und beschreiben regelmäßige und gleichartig wiederkehrende Veränderungen in biologischen Funktionen. Die Periode eines Rhythmus steht für die Zeit, die für einen kompletten Zyklus benötigt wird. Die Frequenz ist der reziproke Wert der Periode (1/Periode). Ein Zyklus schließlich, wird als kleinste wiederkehrende Einheit eines rhythmischen Ablaufes verstanden.

Aus historischer Perspektive kann man von drei Phasen sprechen, in denen biologische Rhythmen als Forschungsgegenstand Bedeutung gewannen: Die erste Phase besteht aus einer langen Zeit sporadischer, nicht aufeinander bezogener Studien, die schon vor hundert Jahren darüber berichteten, daß psychophysiologische Vorgänge und die menschliche Leistungsfähigkeit periodischen Schwankungen unterliegen (Rossi, 1986). Die zweite Phase begann mit systematischeren Forschungen über biologischen Rhythmen im Verhalten (Halberg, 1969) unter kontrollierten Bedingungen (Wever, 1979, 1989) und der Untersuchung der Ruhe-Aktivitäts Rhythmen (BRAC: Kleitman, 1963, 1982). In der dritten Phase fokussierte die Forschung auf anwendungsbezogene Erkenntnisse, auf medizinisch und psychobiologisch relevante Auswirkungen von ultradianen und circadianen Rhythmen (z. B. Kupfer, Monk, Barchas, 1988; Rossi und Nimmons, 1991)

1.1.2. Biologische Rhythmen - endogene oder exogene Ursachen

Die Forschung auf dem Gebiet der Chronobiologie konnte einige Erkenntnisse zur Nature-Nurture-Kontroverse beitragen. Im Bereich der biologischen Rhythmen findet man ein Zusammenwirken von endogenen Faktoren und exogenen Signalen aus der Umwelt. Genauer: Die biologischen Rhythmen werden endogen generiert, aber von Stimuli aus der Umgebung moduliert und synchronisiert.

1.1.2.1. Konzepte: 'Zeit' versus 'subjektive Uhr'

„Time was the great neglected parameter in biology“

D. Lloyd und E.L. Rossi

Jede empirische Untersuchung über Phänomene der rhythmischen und vielmehr zyklischen, quantitativen und qualitativen Veränderung setzt ein konstruktivistisches³ Konzept von 'Zeit' voraus. Zeit ist das, was das Veränderliche im Gegensatz zum Bleibenden kennzeichnet.

Die zeitliche Bestimmung eines Vorganges, die Dauer, stellt diesen in der Wissenschaftstheorie unter die Idee eines gleichförmigen, mathematisierbaren Laufes der Zeit selbst. Die Idee einer solchen absoluten Zeit muß allerdings, um auf Vorgänge beziehbar zu sein, durch gleichförmig-periodische Prozesse repräsentiert werden: durch 'Uhren'. Einen Vorgang zeitlich zu bestimmen heißt ihn unter die Idee der 'Zeit' zu stellen um ihn an anderen Vorgängen zu messen. Da prinzipiell keine Uhr direkt an der 'Zeit' selbst geeicht werden kann, bleibt die Privilegierung einer 'Ur-Uhr' an niemals vollständig beweisbare theoretische Annahmen, bzw. deren Gleichförmigkeit gebunden. Das Konzept der Zeit stellt also ein idealisiertes, gemeinsames, theoretisches Bezugssystem dar.

Das Konzept der *biologischen Uhren* bedeutet nun, daß allen Lebewesen solche Ur-Uhren angeboren sind. Diese messen nicht die theoretisch-absolute, lineare Zeit, sondern bewirken vielmehr eine 'subjektive' Zeit. Damit wäre die 'absolute' Zeit eines Individuums die Zeit, die ihm seine inneren Uhren vorgeben. Die endogenen Uhren aber verlaufen, verglichen mit dem theoretischen Konzept, nicht gleichförmig.

Die Dynamik der Zeit-Abläufe von inneren Uhren kann noch immer nicht vollständig mathematisch beschrieben werden. Auch die molekularen Mechanismen ultradianer oder circadianer Uhren sind immer noch nicht vollständig erklärbar (Lloyd und Rossi, (1993).

Externe, zyklische Zeitgeber⁴ wie der Hell-Dunkel-Wechsel, die lunare Veränderung oder der Jahreszeitenwechsel, nehmen Einfluß auf den Ablauf der biologischen 'Zeit' und erleichtern es, ein gemeinsames kognitives Konzept von 'Zeit' zu bilden. Der Wunsch nach der Überschaubarkeit der Veränderungen und der eigenen Ortung des Menschen im Zeitablauf sowie die Vorhersagbarkeit des Kommenden waren sicher evolutiv begünstigende Faktoren zur Herausbildung eines solchen Konzeptes.

1.1.2.2. Endogene Natur biologischer Rhythmen

³ 'konstruktivistisch' meint hier die kognitiv konstruierte Übereinkunft im Gebrauch des Begriffes 'Zeit'.

⁴ Der Begriff Zeitgeber steht als Oberbegriff für Umgebungsfaktoren, die einem Organismus (bzw. seinem Oszillator) externe Zeitinformationen liefern und eine Vielzahl von Rhythmen innerhalb eines Frequenzbereichs synchronisieren können. Im Verlauf der Forschungen zu diesen Zusammenhängen wurden von verschiedenen Autoren unterschiedliche Bezeichnungen für

Die Erkenntnisse über periodische Phänomene in der belebten Natur konnten in neuerer Zeit unter kontrollierten Bedingungen bestätigt und erweitert werden. Dabei tritt zutage, daß die biologischen Rhythmen endogen generiert werden und über die Gene in die Population der nächsten Generationen eingehen.

Es wird heute davon ausgegangen, daß Organismen vom Einzeller bis zum Menschen nicht passiv auf die Veränderungen der Umgebung reagieren, sondern ihre inneren Uhren akurate Systeme der biologischen Zeitmessung darstellen. Diese Befunde wurden in den 50er und 60er Jahren zum übergreifenden Konzept der biologischen Uhren ausgearbeitet und seither weiterverfolgt (Bünning, 1973; Hastings, 1986; Aschoff und Wever, 1976; Richter, 1965; Pittendrigh, 1981; Menaker, 1969, 1982).

Innere Uhren werden als interagierende Zellpopulationen (Oszillatoren) verstanden, die von verschiedenen, als Zeitgeber fungierenden exogenen Faktoren synchronisiert werden. Sie oszillieren endogen selbsterhaltend durch eine genetisch fixierte Periodeninformation (Konopka und Benzer, 1971; Ralph et al., 1990; Aschoff und Wever, 1976; Kronauer et al., 1982).

Im Rahmen dieses Konzepts wurden unterschiedliche Theorien entwickelt, die sich bezüglich der angenommenen Zahl von Oszillatoren unterscheiden. Beispielsweise Theorien, die einen einzigen Oszillator (master clock) postulieren und andere, die von mehreren zentralen Oszillatoren ausgehen, von denen einige auch für Umgebungseinflüsse (z.B. Licht-Dunkel-Wechsel) sensitiv sind (Aschoff und Wever, 1976; Kronauer et al., 1982)..

(Richter, 1967; Birbaumer, 1990; Moore-Ede et al, 1982; Bünning, 1935; Konopka und Benzer, 1971; Ralph et al., 1990; u.a.).

Die neueren Befunde stützen verstärkt letztgenannte Paradigmen. Scheint auch nicht jeder einzelne Rhythmus von einem individuellen Oszillator gesteuert zu werden, so vermögen die singulären Oszillatoren in ihrer dynamischen Gesamtheit letztlich bestimmte meßbare Rhythmen zu erzeugen.

1.1.2.2.1. Wie werden biologische Rhythmen generiert? (Schrittmacher)

Schrittmacher - die eigentlichen 'inneren Uhren' - liegen im Hypothalamus (an der vorderen Spitze des 3.Ventrikels) in einem kleinen Kerngebiet nervöser Zellen. Der Schrittmacher der circadianen Periodik wurde von Richter (1967) an geblendeten Ratten in einer Region des ventralen Hypothalamus identifiziert. Durch autoradiographische Techniken konnte später der Weg von den retinalen Ganglienzellen bis zum Nucleus Suprachiasmaticus im Hypothalamus verfolgt werden. In den frühen 70er Jahren wurde der Nucleus Suprachiasmaticus (SCN) als spezifische hypothalamische Struktur entdeckt, die circadiane Zyklen (Moore und Eichler, 1972) sowie Trink- und Aktivitätsverhalten reguliert (Stephan und Zucker, 1972).

Dieser Nucleus erfüllt anatomisch und neurophysiologisch alle Voraussetzungen für einen zentralen Schrittmacher: Der SCN wird über den retinohypothalamischen Trakt ohne Umschaltung aus der meist kontralateralen⁵ peripheren Retina mit LD-Information (Licht-Dunkel-Information) versorgt, ferner über den N.geniculatum laterale des Thalamus und direkt aus dem Chiasma opticum. Serotonerge Endigungen erhält der SCN aus dem medialen Nucleus raphe. Efferenzen des SCN sind in vielen hypothalamischen Kernen, Hypophyse, Zirbeldrüse, Septum, Hirnstamm und Rückenmark nachweisbar. Bei Isolation der SCN vom übrigen Hirngewebe behalten die SCN-Zellen ihre circadiane Periodik der Entladungsraten bei.

Ein deutlicher Hinweis für dessen Schrittmacherfunktion ist, daß nach experimenteller Ausschaltung des SCN 'Arhythmie' entsteht. Je nach Region der Läsion im SCN werden der Ruhe- und Aktivitäts-Zyklus, der Schlaf-Wach-Rhythmus und die endokrinen Rhythmen der Sekretion von Acetylcholin (ACTH), thyroid-stimulierendem Hormon (TSH) und Prolactin ausgeschaltet. (Richter, 1967; Birbaumer, 1990).

Das Phänomen, daß Rhythmen tatsächlich endogen generiert werden, konnte auch nach dem Entfernen von zeitlichen Umgebungscues in Isolationsexperimenten gezeigt werden (Siffre et al., 1966; Wever, 1979; u.a.). Mit steigender Dauer der Isolationsbedingung entfernen sich die ursprünglich circadianen ('circa' diem) Rhythmen von dem exakten 24-

den, von Hallberg geprägten Begriff, 'synchronizer' kreiert. 'Entrainment agent' bei Pittendrigh und Daan beispielsweise, steht synonym für den deutschen Begriff 'Zeitgeber' bei Aschoff (Aschoff, 1978a)

⁵ Es gibt je einen SCN in jeder Seite des Hypothalamus. Deshalb wird von zwei gekoppelten Oszillatoren im Hirnstamm gesprochen, von denen angenommen wird, daß sie relativ unabhängig voneinander in der Lage sind Rhythmen zu generieren (s.u.).

Stunden-Bereich eines geophysikalisch Taktgebers und zeigen individuell freilaufende Tagesperiodizitäten in einem Bereich von 22-28 Stunden (Mittelwert 25Std.), bleiben aber auf diese Art 'freilaufend' erhalten.

Erst 1995 wurde ein weiterer circadianer Schrittmacher in der Retina entdeckt. Die Annahme, daß Melatonin nicht nur in der Hirnanhangdrüse, sondern auch in der Retina (oder anderen Geweben) produziert wird, äußert schon Menaker (Menaker, 1985). Aber erst Tosini und Menaker fanden neben dem SCN einen Schrittmacher in der Säugetier-Retina (Tosini und Menaker, 1995).

Nachdem im Auge Melatonin gefunden wurde, das offensichtlich nicht aus der Hirnanhangdrüse stammte, wurde angenommen, daß die Retina zyklisch Melatonin produziert. Tosini und Menaker hielten über mehrere Tage die Retina des Winterschläfers 'Goldhamster' bei 27° C in einer Kultur und maßen die Melatoninproduktion in vitro. Die Retinazellen produzierten selbsttätig das Hormon in 24-stündigen Zyklen, die nachts ihr Maximum erreichten, was zu dem Schluß führte, daß es sich um eine unabhängige 'Uhr' handeln müsse. Die 'retinale Uhr' hält ihre Zyklen auch nach Entfernen des SCN aufrecht. Ferner läßt sich die retinale Uhr durch künstliche Änderung der Hell-Dunkel Verhältnisse beeinflussen.

Vergleichende Verhaltens- und physiologische Daten von Vogel- und Eidechsenarten zeigen, daß Retina und Hirnanhangdrüse ähnliche endokrine Aufgaben erfüllen. Einem von beiden Systemen kommt dabei, je nach Spezies verschieden, der Haupteinfluß auf das circadiane System zu.

Ein zweites Schrittmacher-System liegt, so wird angenommen, im ventromedialen Kern des Hypothalamus (VHM) und ist für die Rhythmisierung in der Nahrungsaufnahme und der Körpertemperatur verantwortlich (Moore-Ede et al, 1982). SCN und VHM sind eng durch reziproke Fasern verbunden und im Normalfall synchronisiert.⁶

Über die neuronale Aktivität innerhalb des SNC und um dessen Kerngebiet, wurde erst 1996 näheres bekannt.

Von Yamazaki et al. (1996) wurden Vielzelleableitungen (Multiple Unit Neural Activity = MUA) innerhalb und außerhalb des SCN in männlichen Goldhamstern aufgezeichnet, die sich in Laufrädern frei bewegen konnten und unter konstanter Dunkelheit gehalten wurden. Die circadianen Rhythmen der MUA außerhalb des SCN (thalamus, caudate putamen, septal nucleus) waren in Phase mit dem Rhythmus der lokomotorischen Aktivität, nämlich 360° Phasenverschoben zur neuronalen Aktivität innerhalb des SCN. Zusätzlich zum circadianen Rhythmus konnten mehrere signifikante ultradiane Rhythmen gefunden werden: einer mit ca. 80 minütiger Frequenz in Antiphase zwischen dem SCN und anderen Hirnregionen; ein anderer mit einer Frequenz von 14 min. in Phase mit dem SCN und anderen Hirnregionen, deren Bedeutung jedoch noch unklar ist. (Vgl. S.165: Yamazaki, 1996)

Für ultradiane Rhythmen wurde lange Zeit angenommen, sie wären die Folge unterschiedlich langsam ablaufender physiologischer Regelkreise. Da der Hypothalamus als wichtigste Hirnregion für die Erhaltung der Homöostase angesehen wird, für die Konstanterhaltung der inneren Bedingungen im Organismus und als Zentrum aller vegetativen Prozesse sowie für die neuroendokrine Regulationen elementarer Verhaltensweisen (etwa: Temperaturregelung, Regelung des Elektrolythaushaltes, Regelung der endokrinen Organe und Physiologie der Emotionen), dachte man, es handle sich bei diesen Rhythmen ausschließlich um homöostatische Prozesse bzw. negative Rückkopplungs- oder Feedbackmechanismen. Das würde bedeuten, daß in bestimmten zeitlichen Abständen die Wiederherstellung eines stabilen Zustandes das vorangegangene Verhalten motiviert (homöostatischer Hunger- Durstmechanismus oder homöostatischer rest/activity Mechanismus). Wie weiter unten noch gezeigt werden soll, ist dies aber nicht der alleinige Grund für rhythmische Prozesse.

Im Hinblick auf den Ursprung ultradianer Rhythmisierung und auf die Existenz ultradianer Schrittmacher scheint es weitgehende Übereinstimmung zwischen den Annahmen der Autoren zu geben. Es wird ein zentralnervöser Ursprung, ein neuronaler Oszillator im mediobasalen Hypothalamus angenommen (Schulz, H. und Lavie, P., 1985)

Verkürzt kann schon an dieser Stelle festgehalten werden, daß es sich um ein Zusammenspiel dreier Faktoren handelt:

⁶ Neben diesen beiden Gruppen von Oszillatoren sollen vor allem für physiologische Faktoren zusätzliche 'Uhren' existieren, deren Zusammenhang mit den zentralen Schrittmachern noch unklar ist (Folkard und Monk, 1983).

Endogene Schrittmacher generieren selbsterhaltend Rhythmen, deren Phase durch exogene Zeitgeber und physiologische Prozesse beeinflusst werden kann.

Im Folgenden soll kurz skizziert werden aus welche Gründe gegen eine Regelkreis-Theorie sprechen:

1.1.2.2.2. Argumente gegen ein homöostatisches Prinzip

-Studien an Pflanzen (Hybridexperimente; Bünning, 1935) und an Tieren (vielfach an 'per-Mutationen' der Drosophila) konnten zeigen, daß die Information über die Periode der biologischen Rhythmen genetisch weitergegeben wird (Konopka und Benzer, 1971; Ralph et al., 1990; u.a.).

- Die Generierung der ultradianen Verhaltensmuster zeigte sich bei der Maus als völlig unabhängig vom SCN (Gerkema, Groos und Daan, 1990).

- Diese periodischen Prozesse bleiben (zumindest eine zeitlang) erhalten, wenn die exogenen, zeitlichen Einflüsse experimentell entfernt werden: Im Isolationsexperiment zeigen sich die Rhythmen freilaufend. Beispiel: Der Schlaf/Wach- Wechsel und die ihn begleitenden periodischen Veränderungen bleiben erhalten, wenn der Organismus in der Isolierkammer dem Einfluß der Umweltperiodik entzogen wird.

- Aus Untersuchungen am erwachsenen Tier weiß man von der Fortexistenz der ultradianen Rhythmizität. Nach dem spontanen Verlust des circadianen Systems oder nach Läsionen des SCN können bei Nagetierarten etwa. ultradiane Rhythmen, in Abhängigkeit vom jahreszeitlichen Nachlassen des circadianen Systems, sogar noch deutlicher hervortreten (Ostermann, 1956; Erkinaro, 1961)

-Ultradiane Oszillationen sind in so unterschiedlichen Organismen wie Einzellern (Lloyd et al. 1982) und Säugetieren (Daan und Aschoff, 1981) gefunden worden. Sie erscheinen in Gegenwart und in Abwesenheit von circadianen Rhythmen und werden sogar in Tieren gefunden, die keinen circadianen Rhythmus haben, sondern z.B. nur tidale oder lunare Periodizitäten (Dowse und Palmer, 1990, 1992)

Bei der Ratte wird das Ausmaß der ultradianen Rhythmizität der Aktivität genetisch kontrolliert, d.h. es zeigen sich angeborene Unterschiede zwischen den Stämmen (Wollnik et al., 1987). In Versuchstieren bricht nach einer Läsion des SCN typischerweise der circadiane Rhythmus zusammen und nur der ultradiane bleibt bestehen (Rusak, 1977; Rosenwasser und Adler, 1986). Allerdings können Läsionen am SCN auch ultradiane Rhythmizitäten zusammen mit den circadianen beeinflussen und auslöschen (Wollnik und Turek, 1989). Hier wird argumentiert, die ultradiane Periode sei ein Resultat der Entkopplung multipler circadianer Oszillatoren (Rosenwasser und Adler, 1986). Umgekehrt argumentieren die Autoren, die circadiane Uhr sei das Produkt gekoppelter ultradianer Oszillatoren. Da hier von Verhaltensrhythmen gesprochen wird, ist anzunehmen, daß diese Rhythmen ihren Ursprung im Nervensystem nehmen, oder neural moduliert werden. Die Autoren glauben, daß jede Zelle eines Vielzellers (Metazoon) einen kompetenten Schrittmacher enthält, welche von Strukturen wie dem SCN zu einer globalen Aktivität koordiniert werden. In der Drosophila melanogaster wurden ultradiane Aktivitäts-Rhythmen (mit einem Periodenrange von 4-18h) beobachtet, die in Abwesenheit circadianer Rhythmen besonders ausgeprägt sind. Ultradiane Aktivitäts-Rhythmen wurden aber auch in Fliegen mit normalen circadianen Rhythmen beobachtet. Generell variiert die Stärke der ultradianen Rhythmen invers mit der Stärke der circadianen Rhythmen. (Dowse und Ringo, 1992).

1.1.2.3. Exogene Einflüsse auf biologische Rhythmen (Zeitgeber)

Seit den frühen 50ern wurden verschiedene Studien angestrengt, um zu verstehen, wie Umgebungsfaktoren biologische Rhythmen modifizieren können.

Lichtimpulse einer bestimmten Stärke und Dauer bewirkten im Tierexperiment, in Abhängigkeit von Intensität und Richtung vom Phasenzeitpunkt, einen Phasenwechsel. Beim Menschen wirken intensive Lichtreize stärker als Zeitgeber auf ihre endogenen Rhythmen, als soziale Faktoren (Czeisler, 1986).

Daß soziale Hinweisreize als Zeitgeber fungieren, ist bekannt. In diesem Zusammenhang spielt die relativ hohe 'Flexibilität' endogener Uhren eine Rolle, die sich innerhalb bestimmter Grenzen an veränderte Zeitgeber anpassen können. Wenn zwei oder mehr Versuchspersonen gemeinsam isoliert werden, synchronisieren sich die Rhythmen zu einem konstanten Gruppenrhythmus, auch wenn die Versuchspersonen vor der gemeinsamen Isolation eine erheblich

unterschiedliche Periodendauer aufwiesen. Wird LD-Synchronisation verfügbar gemacht, so synchronisiert die Gruppe auf diesen externen Zeitgeber (Wever, 1979).

Regelmäßig wiederkehrende Ereignisse in der Umgebung, Abläufe von Ruhe und Aktivität, bzw. Schlaf- und Wachzustand, Lichtimpulse, Essenszeiten, saisonale Veränderungen der Dauer von Hell-Dunkel-Perioden, Temperaturveränderungen und andere, wirken als synchronisierende Faktoren für biologische Rhythmen. Sie alle wirken als Zeitgeber (entrainment agents) indem sie den Phasenverlauf von endogenen biologischen Rhythmen in der Zeit (Timing) beeinflussen, d.h. eine Phasen-Kontrolle auf die ursprünglich selbsterhaltende und endogene Oszillation ausüben (Aschoff, 1978a; Pittendrigh und Daan, 1976; Czeisler et al., 1986):

Daß exogene Faktoren derart mit der biologischen Periodizität interagieren, konnte Serman (In: Schulz und Lavie, 1985; Serman et al., 1974) auch in EEG-Messungen nachweisen. Serman geht davon aus, daß die geforderte Aufmerksamkeit für schwierige Aufgaben die endogene Modulation maskieren oder unterdrücken könnte. Beides, physiologische Gegebenheiten und kognitive Prioritäten, könnten diesen Prozeß beeinflussen.

Bei Katzen wurden Hirnstammläsionen angebracht, die die Verbindung zwischen Hirnstamm und Cortex komplett durchtrennten. Die ultradiane Zyklizität veränderte sich zwar (beim Schnitt auf mesodiencephalem Niveau zu einer Periodenlänge von 40 min. gegenüber 20-30 min. in der gesunden Katze; auf pontomedullarem Niveau zu einer Periodenlänge von 10 min.), ihre Frequenz zeigte sich nun aber sehr viel weniger variabel. (Serman et al., 1974; Siegel et al. 1984). Für Serman ist dies ein Zeichen, daß Distraktoren nicht mehr in den endogenen Prozeß eingreifen konnten und damit die ursprünglich stabile Rhythmizität ungestört bleibt. "There may indeed exist at the rostral pontine level of the mammalian brain-stem a rather stable ultradian modulating mechanism" (Serman, 1974, 290).

Somit können einige biologische Rhythmen als phylogenetische Adaptionsleistung der Organismen an zyklisch wiederkehrende Ereignisse in der Umwelt angesehen werden. Sie werden unter natürlichen Bedingungen durch periodische Signale der Umwelt, die Zeitgeber auf den Umweltzyklus, an den sie angepaßt sind, synchronisiert.

Andere scheinen ursprünglich endogenen Charakters zu sein und dabei sowohl homöostatischen Funktionen zu dienen, als auch soziale Synchronisation zu ermöglichen. Auch hier üben Zeitgeber eine Phasen-Kontrolle auf die ursprünglich selbsterhaltende und endogene Oszillation aus. (Aschoff, 1978a; Pittendrigh und Daan, 1976; Czeisler et al., 1986; u.a.)

Zusammenfassung:

Periodisches Verhalten ist ein artenübergreifender Regulationsmechanismus, der sich in Einzellern und mehrzelligen Organismen, den Menschen eingeschlossen, finden läßt. Das Konzept der biologischen Uhren hat sich im Verlauf der Forschungen zu Herkunft und Regulation dieser Rhythmen entwickelt. Es postuliert interagierende Oszillatoren, die von verschiedenen, als Zeitgeber mit exogener Phaseninformation fungierenden Strukturen, synchronisiert werden.

1.2. Ultradiane Rhythmen

„Why are so many biological systems periodic?“

(Rapp, 1987)

1.2.1 Definition des Begriffes 'ultradiane' Rhythmik - Bedeutung und Funktion ultradianer Rhythmen

Ultradiane Periodizitäten ('ultra` dies = kürzer als ein Tag) werden nach Halberg (1977) als diejenigen Rhythmen definiert, deren Periodendauer kürzer als 24 Stunden ist; demgemäß ein weiter Frequenzbereich, der von Millisekunden bis zu mehreren Stunden reicht.

Unter dem Begriff 'ultradiane Rhythmen' vereinigen sich eine Vielfalt von Frequenzen zu einer Klasse eines rhythmischen Phänomens. Im Gegensatz zu den 'circa'-Rhythmen die sich in Adaption an Zeitstrukturen der Umgebung evolviert haben, gibt die Definition der 'Ultradianen Rhythmen' keinen Aufschluß über ihre funktionale Bedeutung und zeigt sich nicht als ein gleichförmiger Mechanismus. Ultradiane Rhythmizität wird vielmehr gekennzeichnet durch hohe Variabilität und Veränderlichkeit. Die ultradiane Periode T^7 ist um ein zehnfaches variabler als die circadiane Periode

⁷ berechnet als Quotient von Standardabweichung der Periodenlänge und Periodendauer (Gerkema und Daan, 1985),

und ist offensichtlich beeinflussbarer durch sowohl externe wie interne Faktoren (Aschoff, J. und Gerkema, M., 1985). In ihrer dynamischen Gesamtheit liegen sie letzteren aber womöglich partiell zugrunde (Lloyd und Rossi, 1992). Ultradiane Rhythmen spielen auf allen Ebenen der biologischen (Selbst-) Organisation und der adaptiven Dynamik von Lebensprozessen eine wesentliche Rolle (Lloyd und Rossi, 1992). Die ultradiane Uhr koordiniert viele intrazelluläre Vorgänge, eingeschlossen die Biosynthese, Zellteilung, Energiebereitstellung, Temperaturregulation etc. (Lloyd und Kippert, 1993).

Eine besondere Klasse innerhalb des breiten Spektrums endogener Rhythmen bilden Zyklen mit Perioden von wenigen Stunden, die in vielen physiologischen Variablen und Verhaltensvariablen häufiger erscheinen als andere. (vgl. Kapitel 3, 4, 6, 7, 13; Schulz und Lavie, 1985)

Die Existenz von Rhythmen im Bereich von etwa 1,5 Stunden wurde bei einer Vielzahl von physiologischen, behavioralen und endokrinen Funktionen gefunden (Lavie, 1982; Kleitman, 1982; Schulz, 1986).

- Am wachen Menschen sind Perioden von ca. 90 min. Dauer bei der Harnausscheidung nachgewiesen worden.

- In der Tätigkeit endokriner Drüsen, deren hormonelle Sekretion ins Blut bei einer Frequenz von 90 min. liegt (Zell-Metabolismus: Boiteux et al., 1980; Hormonspiegel: Knobil and Hotchkiss, 1985).

- 90 min. Frequenz von Ruhe und Aktivität (oft verbunden mit : REM-NREM Wechsel im Schlaf (Aserinsky and Kleitman 1953); Nahrungsaufnahme (Daan and Aschoff 1981).

- Da die nervösen Schrittmacher bilateral im Hirnstamm angelegt sind, zeigen sich die aus ihnen hervorgehenden ultradianen Rhythmen unter anderem in Oszillationen neuronaler und endokriner Aktivitäten des zentralen und autonomen Nervensystems und wirken sich, so wird angenommen (Klein und Armitage, 1979; s.u.), separat auf beide Hemisphären unseres Gehirns aus.

- Im Verlauf der Höherentwicklung in der Phylogenese treten sie fortlaufend nicht nur auf der physiologischen Ebene der Organismen auf, sondern auch auf der Verhaltensebene in Erscheinung. Zuletzt finden wir sie beim Menschen auch im psychosozialen Kontext.

Im Gegensatz zu den Circa-Rhythmen ('circa` dies \cong ein Tag), welche die "objektive Umwelt-Zeit" (Zeitgeber = Hell-Dunkel-Wechsel) abbilden, werden die hochfrequenten Nicht-Circa-Rhythmen als "subjektive, physiologische Zeit" verstanden (Lindstedt und Calder, 1981), da kein geophysikalisches, abiotisches Referenzsystem bekannt ist, wodurch sich die Rhythmen als offenkundiges Anpassungsphänomen erklären ließen.

Die Adaption an die Umwelt-Zeit geschieht beim Menschen erst langsam während des ersten Lebensjahres. Fötal und embryonal sind beim Menschen nur ultradiane Rhythmen nachzuweisen (motor aktivität: Shannahoff, 1991; Mazzucchelli et al. 1995; Shannahoff-Khalsa, 1991), deren Aktivitäts- und Schlaf-Wach-Zyklen sich im Laufe der Ontogenese bis zur Phasenübereinstimmung mit der Photophase des Circa-Rhythmus ausdehnen.

Sterman (1967) und Sterman und Hoppenbrouwers (1971) gingen schon früh der Frage nach, wann in der Ontogenese der charakteristische Rest-Activity Zyklus erscheint. Ca. 20 Wochen postkonzeptiv zeigten sich die ersten periodischen Aktivitätsschübe, welche bis zum letzten Drittel der Schwangerschaft immer deutlicher werden. Spektralanalysen der vom Bauch der Mutter während des Schlafes abgeleiteten Aktivitätsdaten ergaben zwei Gipfel: Einen im Bereich von 80-120 min. - der mütterliche REM Zyklus - und einen zweiten im Bereich von 20-57 min., von Sterman interpretiert als fötaler REM Zyklus, der sich während des ersten Lebensjahres auf 40-60 min. und schließlich auf eine Periodizität von 90 min. beim Erwachsenen ausdehnt. Aus den Erkenntnissen des Wechsels vom polyzyklischen Schlaf-Wachverhalten (wenige Stunden) in der Ontogenese zum monozyklischen Rhythmus des Erwachsenen, führte Kleitman die Hypothese des Basic-Rest-Activity-Cycle ein. Vorausgesetzt wird dabei ein grundlegender, genetisch fixierter, 24 Stunden überdauernder Ruhe-Aktivitätszyklus im ultradianen Frequenzbereich, welcher sich, obgleich das Schlaf-Wach-Verhalten sich der LD-Phase angleicht, in das Erwachsenenalter fortsetzen soll. Aus seiner Entwicklung während der Ontogenese und wegen seiner Fortdauer auch während circadianer Arrhythmien, könnte gefolgert werden, daß der ultradiane Rhythmus und seine Zeitstruktur grundlegender ist, als der circadiane. Dies ist jedoch nicht gesichert. Bei der Ratte etwa wird der circadiane Generator schon pränatal entwickelt, lange bevor er sich in Rhythmen ausdrückt (Fuchs

und Moore, 1980). Ferner läßt sich nicht von der Erscheinung eines Rhythmus auf seinen generierenden Mechanismus schließen. Es könnte sich auch um Kopplungsvorgänge handeln.

Obleich ultradiane und circadiane Rhythmen sich unabhängig voneinander ausdrücken und sie keinen kausalen Zusammenhang zu haben scheinen, interagieren sie. Im erwachsenen Menschen hat das circadiane System neben einem modulatorischen Einfluß auf die Phase auch einen sogenannten 'phase-setting'-Effekt auf den ultradianen Rhythmus. Der Anbruch der Dämmerung ruft bei verschiedenen Arten erste Aktivitätsgipfel der ultradianen Phase hervor (Stebbins, 1975; Hunter, 1954; Hughes und Reid, 1951). Hier wird nicht von einem direkten Einfluß des Lichtes auf das ultradiane System ausgegangen, sondern von einer Vermittlung durch das circadiane System (Aschoff, 1982).

1.2.1.1. Funktionen biologischer Rhythmen

Funktionsbeispiele biologischer Rhythmen in den verschiedenen Frequenzbereichen erklären die Relevanz von Zyklizitäten für den Organismus. Puls und Atmung etwa erfüllen als 'Pumpen' Transportfunktionen, die durch wechselnde Frequenz an den jeweiligen Bedarf angepaßt werden. Nervenimpulse sorgen mit variabler Impulsrate für Informationsübermittlung. Circa-Rhythmen ermöglichen als 'innere Uhren' dem Organismus sich in die Zeitprogramme der Umwelt sinnvoll einzupassen.

Die Funktionale Analyse biologischer Rhythmen impliziert die Evaluation ihrer Konsequenzen für die Fitness des Individuums, d.h für dessen Propagierung seiner Gene. Die evolutionäre Bedeutung der Circa-Rhythmizität scheint in der Antizipation der eintretenden Umweltveränderungen zu liegen. Physiologische Parameter wie Körpertemperatur, enzymatische Aktivität etc. müssen eingestellt sein bevor der erwartete Wechsel tatsächlich stattfindet. Auch das Timing des Verhaltens spielt in diesem Zusammenhang eine Rolle. Daan (1981) gibt Beispiele für dessen adaptiven Wert: "This allows the organism to maintain an internal temporal order, and to anticipate change. If you are a mouse, it is useful to be able to anticipate when an eagle will fly and already be in your burrow, rather than be caught scurrying into it" (S. 495). J. Schwartz⁸ schreibt den biologischen Uhren ebenso diese zwei Funktionen zu. Sie erlauben Bewußtheit über Veränderungen in der lokalen Umwelt, d.h. erkennen die aktuelle Zeit - "Sonnenuhr"-Funktion (Biebach et al., 1989) und sie messen den Vorübergang der Zeit, die Zeitdauer - "Sanduhr/Stundenglas"-Funktion (Underwood and Hyde, 1990).

1.2.1.2. Funktionen ultradianer Rhythmen

Die Abwesenheit von relevanten geophysikalischen Korrelaten und die hohe Variabilität ultradianer Rhythmen (Dowse et al., 1987) macht die Suche nach einer Phasenkoppelung an eine Umweltvariable fruchtlos.

Im Menschen zeigt sich ein Verhältnis von 2:1 für die Beziehung der biologischen Rhythmen. Es gibt Nachweise für Rhythmen mit 4 Z/T (= 6h) in den EEG-Rohdaten (Tsuji et al., 1981) und mit 8 Z/T (= 3h) in den EEG-Rhythmen der Rohdaten (Tsuji et al., 1981) und den Spektralanalysen (Manseau und Broughton, 1984) und eine große Anzahl von annähernd 16 Z/T (=1.5 h) Rhythmen wurde dokumentiert (Kleitman, 1982; Lavie, 1982).

Daraus ergibt sich folgendes Muster an Periodizitäten: 24h, 12h, 6h, 3h, 1.5h. Broughton geht davon aus, daß diese Rhythmizitäten auf mindestens halb-unabhängige, multiple Oszillatoren mit den angegebenen Perioden hinweisen. Ein Organismus mit einem solchen Oszillator-Subsystem hätte aufgrund der einfachen Perioden- und Phasenzusammenhänge zwischen den verschiedenen Frequenzen einen Vorteil in seiner zeitlichen Organisation und damit einen evolutiven Vorteil gegenüber z.B einem Organismus mit etwa 22, 13, 7, 5, 3, dessen Phasen weder untereinander konsistent vereinbar wären, noch in Übereinstimmung mit den wichtigen externen Perioden, den Umwelt-Zeitgebern, gebracht werden könnte.

Problematisch für diese Auffassung ist jedoch die gefundene erhebliche inter- und intraindividuelle Varianz in Periode und Amplitude vieler Arten (z.B. *Drosophila melanogaster*).

Bei den ultradianen Rhythmen mag es sich auch um den Erhalt einer inneren zeitlichen Ordnung für wechselseitig inkompatible zeitliche Prozesse handeln, die, wenn sie nicht räumlich getrennt werden können, zeitlich getrennt werden

⁸ mündliche Mitteilung

müssen (Dowse und Ringo, 1992) (wie etwa auch: Schlucken und Atmen). Die nicht-circa Rhythmen dienen somit der internen Koordination physiologischer Prozesse und der energetischen Optimierung (Aschoff und Gerkema, 1985), wie etwa der Einteilung zeitlich konkurrierender Prozesse, wie bsp. Ein-, und Ausatmen, was nicht beliebig fluktuieren oder gleichzeitig stattfinden kann/darf. Durch den alternierenden Wechsel von Energieaufwendung und Pause werden sowohl kostenintensive Initialzündungen vermieden, als auch die dauernde/kontinuierliche Aufwendung von Energie, was zur Verschwendung oder einer übermäßigen Bereitstellung führen würde (Aschoff und Wever, 1962). Alle Prozesse, welche nicht plötzlichem Bedarf durch zeitlich nicht vorhersehbare Umweltstimuli unterliegen, lassen sich auf diese Weise optimieren. Rhythmische Prozesse stabilisieren körperliche und Zellparameter wie pH-Wert und Temperatur, sind weniger empfindlich für `Rauschen` und vermeiden durch ihr zyklisches Auftreten Habituation und Desensibilisierung. Ein Hauptvorteil der rhythmischen Organisation von Verhalten und Physiologie liegt in der Möglichkeit der Kopplung und Synchronisation von Prozessen, als Resultat einer physiologischen Zeit (Gerkema, 1992).

Soziale Synchronisation

Ein Effekt ultradianer Rhythmen könnte deren Beitrag zur sozialen Synchronisation innerhalb einer Lebensgemeinschaft sein, die beispielweise der durch die Gruppe erzeugten größeren individuellen Sicherheit bei der Nahrungssuche oder der Reduktion des Energieverbrauchs eines einzelnen Individuums in einer Gruppe (gegenseitiges Wärmen in den synchronisierten Ruhephasen einer Lebensgemeinschaft) dienen könnte (Gerkema und Daan, 1985).

Im Verlauf der Höherentwicklung in der Phylogenese treten die ultradianen Rhythmen fortlaufend nicht nur auf der physiologischen Ebene der Organismen auf, sondern auch auf der Verhaltensebene auf. Zuletzt finden wir sie beim Menschen auch im psychosozialen Kontext.

Bei allen sozialen Lebewesen findet sich die Bedeutsamkeit, Mitglieder der Gruppe in einem bestimmten Zeitablauf zu aggregieren und zu synchronisieren. Dies geschieht offenbar durch die Parallelisierung der inneren Uhren der Individuen. Hinweise auf soziale Synchronisation ergeben sich auch aus Tierstudien.

Beobachtet wurden soziale Interaktionen von 5 männlichen Rhesusaffen in jeweils verschiedenen Paarungen über acht Stunden. Die Phasen intensiver sozialer Interaktion unterlagen einer regelmäßigen ultradianen Rhythmizität; aber je nach Paarung mit individueller Zyklizität. Die zugrundeliegende Zykluslänge betrug 40-45 min. oder ein vielfaches davon (dieselbe Zykluslänge wurde auch in der isolierten Bedingung beobachtet). Einen Hauptanteil zeigen dabei aggressive Verhaltensweisen des je dominanten Partners und korrespondierendes Demutsverhalten des Submissiven. Das zyklische Generieren aggressiven Verhaltens veranlaßt das Gegenüber zu einer regelmäßigen Bestätigung des Beziehungs- bzw. Dominanzverhältnisses (Maxim, Bwoden, Sackett, 1976). Ferner richtete sich der Interaktionszyklus für ein Paar nach dem individuellen Zyklus des dominanten Tieres, dessen explorative Aktivität zuvor singular beobachtet worden war. Für explorative Aktivität und soziale Aggression wird daher ein gemeinsamer Arousal-Mechanismus. Ferner schließen die Autoren auf einen zugrunde liegenden BRAC-Zyklus, da die REM-Zyklen in Rhesusaffen ca. 40 min. betragen (Kripke, Reite, Pegrarn, 1968).

Festzuhalten bleibt:: Ultradiane und infradiane Rhythmizitäten haben keinen (bekannten) Gegenpart in der abiotischen Umwelt⁹. Die einzige Umweltvariable an die das ultradiane System von Individuen gekoppelt wird, ist die Synchronisierung mit ultradianen Rhythmen arteigener Anderer. Das Phänomen der **sozialen Synchronisation** ist weit verbreitet¹⁰. Funktionell kann der evolutive Sinn dieses Verhaltens darin gesehen werden, daß zum einen die Gefahr des Einzelnen, einem Räuber zum Opfer zu fallen, durch die Synchronisation der Aktivitäten mit der Gruppe, vermindert wird ('safety in numbers', Daan und Aschoff, 1981), zum anderen garantiert die Synchronisation bei sozial lebenden Arten sowohl die Phasenkoppelung ihrer Aktivitäten, als auch die zyklische Bestätigung der (hierarchischen) Gruppenstruktur.

⁹ T. Elbert (Univ. Konstanz; mündliche Mitteilung) vermutet allerdings für die mehrstündigen, niederfrequenten Ultradianzyklen einen Zusammenhang mit dem Zeitgeber des tidalen Geschehens.

¹⁰ Arten bei welchen dieses Phänomen bekannt ist sind z.B.: Amöben (Alcantara und Monk, 1974), bei Weißwangengänsen (Prop et al., 1986), Mäusen (Gerkema und Daan, 1985), Kühen (Hughes und Reid, 1951) und Rhesusaffen (Delgado-Garcia et al., 1976).

1.2.2. Lateralisierte Corticale Aktivierung mit ultradianer Frequenz

Fluktuationen des corticalen Arousal, so wird angenommen sind nicht nur abhängig von Umgebungsstimuli und/oder Aufgaben-, d.h. stimulusabhängig, sondern werden als Aktivierung angesehen, die von einem neuronalen Netzwerk von Neuronen im Hirnstamm, dem ARAS (ascending reticular activation system), auch Reticularformation genannt, ausgehen. Es handelt sich also um einen autonomen, endogenen inneren Status, vor allem in Beziehung zu den Stadien des Schlafes und des Wachens (Robbins und Everitt, 1995).

Die großflächige Aktivierung des Neokortex zur Aufrechterhaltung eines optimalen Erregungsniveaus corticaler Zellverbände wird primär als Funktion der Reticulärformation des Hirnstammes angesehen. Vor allem das mesencephale Reticulärsystem erfüllt die Funktion der Generierung der tonischen (lang anhaltenden) Wachheit. Die Arbeitsweise des ARAS läßt sich wie folgt verstehen: Behaviorale Aktivierung wird durch afferente Fasern aus der Formatio reticularis in höhergelegene Regionen, besonders den Cortex bewirkt. Die Axone des mesencephalen Reticulärsystems projizieren alle in die intralaminären Kerne des Thalamus, extrathalamische Verbindungen zum Neocortex existieren vermutlich nicht.

Eine Aktivierung des Neokortex verläuft höchstwahrscheinlich über diese unspezifischen, mittelliniennahen und intralaminären Thalamuskern, die besonders intensiv durch die mesencephale Reticulärformation (MRF) innerviert werden. Eine direkte MRF Stimulation führt zu negativen Feldpotentialen und einem Anstieg der Kaliumkonzentration in allen corticalen Schichten (Singer, Tretter und Cynader, 1976). Die allgemeine corticale Erregbarkeit nimmt zu (vgl. Rockstroh, Elbert, Canavan, Lutzenberger und Birbaumer, 1989). Die lateralisierten intralaminären thalamischen Nuclei scheinen ferner die Funktion der Koordination corticaler Oszillationen und der Synchronisation thalamocorticaler Arousalprozesse zu übernehmen. Extra- und intrazelluläre Aufzeichnungen haben ergeben, daß während des angeregten Wachzustandes und während des REM-Schlafes die thalamischen Gamma-Oszillationen (30-40 Hz) mit der oszillatorischen Kortexaktivität synchronisiert sind. (Steriade, 1996).

Ausgehend von der Idee, daß der Thalamus eine lateralisierte 'Torfunktion'¹¹ für die Projektionen in den Neocortex besitzt, endogene Uhren ihren Sitz im Hypothalamus haben (thalamische Schrittmacher) und von dort aus (intrathalamische Verbindungen) rhythmische Signale geben, sollten alle eingehenden sensorischen Signale dieser rhythmisierten, phasischen Aktivierung unterliegen.

Die phasische Aktivierung des Cortex scheint über Arousal-Regionen der Formatio Reticularis angeregt zu werden (Tegmentum; Locus coeruleus (noradrenerge Axone aktivieren Hippocampus und Neocortex; Substantia nigra (Dopamin)), die Reizung der Gegenspieler (Raphe Kerne (Serotonin)) schwächen das Arousal ab. Der Cortex jeder Hemisphäre wird vom aufsteigenden Hirnstamm-System aktiviert und verschiedene Strukturen den Hirnstamms (z.B. das tegmentale Feld, der Nucleus Raphe und der Locus coeruleus) zeigen neuronale Aktivität, die mit ultradianen Perioden oszilliert (McCarley and Hobson, 1975; Hobson et al., 1975).

Ferner konnte wie oben schon beschrieben in EEG Studien gezeigt werden, daß ultradiane Rhythmen, die im Hirnstamm ihren Ursprung nehmen, das corticale Arousal beider Hemisphären modulieren. (Grau, et al., 1985; Manseau und Broughton, 1984; Goldstein et al., 1972)

Wenn einige dieser Nuclei an der Generierung von ultradianen Rhythmen beteiligt sind, kann der Hirnstamm als bilaterales, oszillatorisches System spiegelbildlicher Teile angesehen werden. Der stark lateralisierte Desoxyglukose-Metabolismus in einigen Hirnstrukturen stark und die Verteilung der Neurotransmitter in einer Vielzahl asymmetrischer Muster verteilt (Oke, Keller, Mefford, Adams, 1978; Glick, Meibach, Cox, Maayani, 1979), kann man annehmen, daß rechts- und linkseitiger Hirnstamm voneinander unabhängige, ultradiane Rhythmen mit verschiedenen Perioden produzieren können. Lateralisierte Ultradianrhythmen regulieren auch die neuroendokrine Tätigkeit des peripheren Nervensystems. Mit Hilfe eines Immunoassays sequenziell entnommener Blutproben läßt sich bestimmen, in welcher Konzentration beispielsweise die Neurotransmitter Dopamin und Norepinephrin im Bereich der unteren Armvene beider

¹¹ thalamo-corticales 'Gating': der Nucleus reticularis thalamus, welcher den gesamten Thalamus umgibt wird als 'Tor' zum Cortex bezeichnet.

Arme ausgeschüttet werden. Die rechts-und linksseitigen Schwankungen ihrer Konzentration erscheinen periodisch und phasenversetzt. Infolge dieser Phase oszilliert das Verhältnis zwischen rechts-und linksseitiger Konzentration für beide Transmitter (Werntz et al., 1983; Shannahoff-Khalsa, 1991).

Manseau und Broughton, die eine ultradiane Periodizität in der Overall-Frequenz und Amplitude des EEG finden konnten. Sie stellen fest: „the oscillations reflect changes in subcortical arousal systems regulating the overall activity of the cortex, rather than being the result of a single rhythm arising within the cortex” (Manseau und Broughton, 1984, S. 270). Brown schliesst sich (1991) mit einer ähnlichen Betrachtung an: „Uladian variations in EEG activity appear to reflect periodic oscillations in the brain stem arousal systems. **As a result, it is not surprising that the most consistent evidence for ultradian rhythms is demonstrated by the mechanisms of the hypothalamic-limbic system and by brain-stem mechanisms that regulate arousal and attention processes**” (S.20).

1.2.3.Ultradiane Wachrhythmen - das Tag-Analogon zu den nächtlichen REM-NREM Zyklen:

Die Hypothese des ‘Basic Rest Activity Cycles’ (BRAC)

Kleitman und Aserinsky entdecken 1953 das rhythmische Alternieren zweier Zustände im Schlaf, den Wechsel zwischen REM- (rapid-eye-movement) und NREM (NonREM)- Schlafphasen. 1963 schließlich, faßte **Kleitman** die gewonnenen Erkenntnisse zur **Hypothese des basic-rest-activity-cycle (BRAC) zusammen: "My idea is that the ninety-minute rest-activity cycle, manifested as REM-NREM in sleep, is also present in the waking state. In other words, it operates around the clock"** (S.302).

Nach Kleitman (1961,1963, 1982) stellt der REM-NREM-Zyklus, die periodischen Abfolge der Schlafstadien (Dement und Kleitman, 1957), das schlafabhängige Fragment eines basalen Ruhe-Aktivitätszyklus dar, der sich über die gesamten 24 Stunden eines Tages hinweg fortsetzt. Der basale Zyklus moduliert die Funktionen des ZNS und manifestiert sich im Wachen durch Fluktuationen der Vigilanz. Er nimmt ursprünglich einen basalen, 24 Stunden überdauernden, Ruhe-Aktivitäts-Zyklus an, mit einer Frequenz im oben genannten Bereich.

Da in der vorliegenden Arbeit klassische Indikatoren solcher Schwankungen und kovariierende Variablen untersucht werden, soll nachfolgend die Theorie dieser speziellen ultradianen Rhythmizitäten dargestellt werden.

Nach Kleitman wäre zu erwarten, daß alle Funktionen, die corticaler Erregung unterliegen, geeignet sind, die endogene ultradiane Rhythmik zu zeigen , d.h. die zyklische Modulation durch den BRAC aufzuweisen. Obwohl es kein Modell im strengen Sinne ist, ist die Kleitmansche BRAC Hypothese die einzige, die versucht, die verschiedenen ultradianen Phänomene in ein kohärentes Bild zu bringen. Diese Hypothese besagt, daß die ultradianen Rhythmen alle in Bezug zu einem Wechsel mit der zeitlichen Organisation von Aktivität und Ruhe stehen und ultradiane Rhythmen einen gemeinsamen generierenden Mechanismus besitzen.

Lavie gibt an, man könne ultradiane Rhythmen der ‘Alertness’ auf drei Arten beschreiben:

1. Als rhythmische Oszillationen in der Aktivität des Hirnstamm-Arousal-Systems. 2. Als rhythmische Oszillationen in den schlafinduzierenden Mechanismen des Hirnstamms. 3. als synchronisierte rhythmische Oszillationen beider.

Nach Lavie, legt die Mehrheit der gefundenen Ergebnisse nahe, die zweite Möglichkeit anzunehmen, nämlich die periodische Aktivierung von schlafinduzierenden Mechanismen. Begründen läßt sich diese Annahme durch folgende Studien:

Kripke (1972) - ultradiane Rhythmen in electrocorticaler Aktivität sind bei schlafdeprivierten Versuchspersonen am stärksten im Delta-Band, welches für den sogenannten ‘Slow-wave’-Schlaf charakteristisch ist.

- Manseau und Broughton (1984) fanden, daß ultradiane Rhythmen in der EEG-Aktivität nicht-schlafdeprivierter Versuchspersonen iam stärksten in der Theta-Aktivität, die für leichten Schlaf charakteristisch ist, sind.

- Kripke und Sonnenschein (1978) zeigten periodische Erscheinung von Tagträumen, äquivalent/ähnlich den hypnagogischen Halluzinationen beim Schlafbeginn; bei gleichzeitiger Abnahme der Augenbewegungen und verstärkter Intensität der Alpha-Aktivität (Gertz und Lavie, 1983).

- Lavie und Scherson (1981) und Lavie und Zomer (1983) zeigten, daß Versuchspersonen in ihrer Einschlafneigung ultradiane Rhythmen zeigen.

- Campbell (1984) und Nakagawa (1980) wiesen langsame ultradiane Rhythmen in spontanen Schlafattacken (auch Volk et al., 1984: periodische Schlafattacken bei Narkolepsie-Patienten) und bei verlängerter Bettruhe nach.

Lavie schlägt deshalb vor, die Tagesrhythmen nicht ultradiane Rhythmen der Alertness, sondern ultradiane Rhythmen der Schläfrigkeit zu nennen. Es handle sich also nicht um eine periodische Deaktivierung des Arousal-Systems, sondern um die periodische Aktivierung schlafinduzierender Mechanismen. Die ultradiane Rhythmizität, welche überlagert wird durch langsame, circadiane Trends reflektiert die periodische Aktivierung schlafinduzierender Mechanismen. Das nächtliche Gegenstück dazu ist die periodische Aktivierung von Arousal-Mechanismen während des Schlafes, die sich in REM (hohe Aktivierung: Gehirntemperatur, Sauerstoffverbrauch, Feuerungsrate der Gehirnzellen; ferner ist REM das 'Tor' zum Wachzustand) - NREM Zyklen manifestiert.

Einige Autoren strebten an, die Phasenbeziehung zwischen den Tagesrhythmen und dem REM-NREM-Zyklus aufzuzeigen (Kripke et al., 1985).

Lavie und Zvuloni (1992) untersuchten die Variationen der Einschlafbereitschaft am Tage. Vor dem Test wurde im Schlaflabor das EEG, EOG und EMG registriert, die Probanden wurden eine Stunde vor Experimentbeginn geweckt und dann in 20-Minuten-Intervallen in Versuchsbedingung 1 dazu aufgefordert in einem Nebenraum einzuschlafen. Waren die Versuchspersonen in dieser Zeitspanne eingeschlafen wurden sie nach sieben Minuten wieder geweckt. In Versuchsbedingung 2 sollten sie hingegen nicht einschlafen. In beiden Versuchsbedingungen zeigte die Schlafneigung sowohl ultradiane Periodizitäten im Bereich von 90-120 Minuten, als auch circadiane Anteile.

Weitere Beispiele: Rhythmische Magenkontraktionen während des Nachtschlafs mit 1,5-2 Stunden-Periodizität, die durch neuere Arbeiten bestätigt wurden und zeigten, daß diese Periodizitäten auch tagsüber erhalten bleiben (Hiatt und Kripke, 1975; Lavie et al., 1978). Auch Phallogramme als Begleiterscheinungen des REM-Schlafes zeigen Rhythmizität (Fischer et al., 1965; Campbell, 1985).

Aus diesem Grund haben Kripke et al. eine Serie von Experimenten angestrebt, die diesen Zusammenhang aufklären sollten. 60 Versuchspersonen nahmen an 48stündigen Versuchen teil. Es wurde die Rhythmizität in der subjektiven Wahrnehmung ebenso wie in verschiedensten Testleistungen erhoben, darunter Tests, die die Funktionen der rechten und linken cerebralen Hemisphäre zeigen sollten. Ferner wurden Zeitreihen gebildet für Essen, Trinken, Toilettengänge, Einschlaf-Attacken. Einige Personen wurden ferner von der sozialen Gruppe isoliert. Die Länge der Experimente erlaubte ferner den Einfluß von Müdigkeit, Schläfrigkeit und circadianen Rhythmen auf die ultradiane Frequenz zu überprüfen.

Eine Zusammenfassung ihrer Ergebnisse: Der größte Teil an erklärter Varianz waren Langzeit-Trends und circadiane Komponenten in den Daten. Alle Variablen hatten Varianzkomponenten im 14.4 Z/T (100 min.) Frequenzband, diese Komponenten waren aber weder prominent, noch regulär, noch distinkt; weder in den Rohdaten-Plots für einzelne Subjekte, noch in gemittelten Plots für die Gruppen.

Die Spektralanalyse zeigte für keine Variable und keine Gruppe von Versuchspersonen Varianzpeaks im 14.4 Z/T (100 min.) Frequenzband. Obgleich die meiste Varianz sich in den sehr langsamen Frequenzbereichen konzentrierte, war die 9.6 Z/T (2.5 Std.) Varianz substantiell.

Die Maße mit der meisten substantiellen Varianz im vorhergesagten 14.4 Z/T Frequenzband waren Trink- und Eßepisoden, wenngleich in keiner der Variablen verlässliche Spektralpeaks in der vorhergesagten Frequenz zu finden waren. Auch in den Testergebnissen zur Untersuchung der Hemisphärendominanz gab es keine Evidenz für den vorhergesagten BRAC-Rhythmus. Die Varianzspektrum-Analyse zeigte keine Evidenz für einen distinkten rhythmischen Prozeß im vorhergesagten 14.4 Z/T Frequenzband. Das periodische Phänomen in diesen Daten lag durchschnittlich näher an 1 c/150 min. (9.6 Z/T), aber auch hier gibt es kaum vollständige Gewißheit für einen definierten Rhythmus. Diese Beobachtungen implizieren/bedeuten nicht, daß ultradiane Rhythmen im wachen Menschen nicht existieren, zumal

sie oftmals überzeugend beschrieben worden sind. Es bedeutet vielmehr, daß solche Rhythmen mit den verwendeten Tests nicht vorteilhaft gemessen wurden. Ebenso wird deutlich, daß das experimentelle Setting einer ununterbrochen fortdauernden Anforderung ihr Hervortreten nicht gerade erleichterte. Im Experiment von Klein und Armitage dagegen waren die Versuchspersonen nur alle 15 min. für 3 min. gefordert eine Testleistung zu erbringen. Daher gleichen ihre Ergebnisse wohl mehr jenen Versuchen, die die Expression ultradianer Rhythmen erleichterten.

Kripke et al. kommen zu dem Ergebnis, daß es keine valide Phasenbeziehung zwischen dem REM-NREM Zyklus und den folgenden Wahrnehmungsleistungen gibt.

Nur der Trinkrhythmus zeigte eine konsistente Phasenwinkel-Beziehung zum vorhergehenden REM-NREM Zyklus mit 9.6 Z/T. Schon in früheren Experimenten konnte gefunden werden, daß Trinken den ultradianen Rhythmus mehr reflektiert als verschiedene andere Maße (Kripke, 1972; Kripke et al., 1983).

Dennoch läßt sich zusammengefaßt sagen, daß die Evidenz für eine Phasenkonsistenz zwischen dem REM-NREM Zyklus und den folgenden Leistungszyklen überzufällig ausfällt, aber nicht ideal in den Frequenzen und Variablen gezeigt wurde, die vorhergesagt waren. Die Autoren schieben eine endgültiges Urteil darüber auf, bis mehr experimentelle Belege vorliegen. Der Phasenzusammenhang könnte durch die Experimentalbedingungen kontaminiert sein, etwa das induzierte Aufwachen. Vielleicht stellt das Aufwachen Phase und Frequenz eines zugrundeliegenden ultradianen Oszillators neu ein, wie das bei Tieren schon gezeigt werden konnte (Kripke et al., 1976).

Um Zusammenhang zwischen motivationalen Faktoren und dem ultradianen Geschehen nachzugehen, unternahmen Broughton und Manseau (Manseau und Broughton, 1984) eine Studie über 'Alertness' an unmotivierten, wachen Personen, die keine Aufgabe zu erfüllen hatten, in der Hoffnung damit die gesuchte Rhythmizität zu demaskieren. Um Variationen in der Aufmerksamkeit zu detektieren, sollte die Analyse des Spontan-EEG ausreichen. Ferner sollte die Hypothese des dem BRAC inhärenten, interhemisphärischen Wechsels in der Seitendominanz getestet werden. Die EEG-Ableitung wurde an sieben Versuchspersonen über acht Stunden vorgenommen, mit einem 15 minütigen Sample-Intervall für jeweils 100 Sekunden. Es konnte ein signifikantes 16 Z/T Frequenzband in der EEG-Gesamtaktivität (4-20 Hz) gefunden werden (= Periodenlänge von 72-120 min.) an beiden frontalen Elektroden, häufig auch deutliche Gipfel bei 8 Z/T (= Periodenlänge von drei Stunden).

Die frontale Theta-Aktivität charakterisiert Schläfrigkeit (Lindsley und Wicke, 1974) und ist nach Rechtschaffen und Kales (1968) ein Kriterium für das Schlafstadium 1. Die ultradianen EEG Variationen wurden als 'Alertness'-Fluktuationen mit 16 Z/T interpretiert. Einige Verhaltens- und psychologische Parameter wurden mit einem physiologischen Maß der Stärke des ultradianen EEG-Rhythmus korreliert. Der Letztere wurde definiert, als die Anzahl der Male, wenn der 16 Z/T Gipfel den ersten oder zweiten Rang bei allen 24 Autospektren (Die 5 Frequenzbänder: Delta (2-4 Hz), Theta (4-8Hz), Alpha (8-13Hz), Beta-1 (13-20Hz), Beta-2 (20-30Hz) und ein Gesamt-EEG Frequenzband (4-20Hz) x 4 Elektroden = 24 Zeitreihen pro Subjekt) jeder Versuchsperson einnahm. Von 35 möglichen Korrelationen waren nur 2 signifikant. Der ultradiane EEG-Rhythmus war stärker bei Versuchspersonen, die angaben, schlecht zu schlafen und bei Versuchspersonen, die im sogenannten 'Eysenck Personality Inventory' hohe Neurotizismus-Werte aufwiesen (größere Amplitudenschwankungen in der Befindlichkeit bei Depressiven). Guter Nachtschlaf führt also möglicherweise zu der Fähigkeit die Tages-'Alertness' beizubehalten und letzteres mag mit größerer emotionaler Stabilität im Zusammenhang stehen.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß signifikante ultradiane Rhythmen der Alertness existieren (mindestens intermittierend) und daß es der 'Alertness-Sleepiness' Rhythmus (wach-schläfrig) ist, der die Präsenz und Natur von ultradianen Rhythmen in der Performance ausmacht. Faktoren, die zu einem gleichmäßigen Level der Tages-'Alertness' führen (besonders auf hohem Arousal-Niveau) und damit die relativ schwachen endogenen Rhythmen wiederum maskieren, sind: Streß, starke Motivation und kontinuierliche, hohe Leistungsanforderungen. Die Autoren sehen diese Einflußfaktoren gegeben in der Studie von Kripke und Mitarbeitern (Kripke, Mullaney, Fleck, 1985), in welcher keine signifikanten ultradianen Rhythmen gefunden werden konnten. In der Studie von Orr et al. (1974) könnte die gesteigerte Stärke solcher Rhythmen über die lange Testzeit auf Schläfrigkeit, physische Müdigkeit oder kumulierten Streß zurückzuführen sein. Einen weiteren Beweis für diese Annahme bringt Schulz (1985), mit seinem Aufweis, daß Narcolepsie-Patienten ultradiane Rhythmizität in ihren Schlaf-Episoden während des Tages zeigen, was auf ihr allgemein

chronisch verringertes Arousal zurückzuführen ist und damit den BRAC während des Tages demaskiert. Diese Interpretation wird gestützt durch die ähnlichen Periodizitäten, die in Schlaf-Attacken auftauchen (Baldy-Moulinier et al., 1976)

Das obige Argument wird durch die Studie von Campbell und Zulley (1985) erhärtet. Bei freier Zeiteinteilung oder einem Lebensstil ohne starke Tages-Struktur steigt die Frequenz der Tages-Schläfchen deutlich an. Normalerweise wird dieses Bedürfnis durch soziale und externe Anforderungen unterdrückt und damit maskiert. Der äußere Einfluß auf das physiologische Schlaf-Wachsystem wurde in dieser Studie durch Isolation von allen äußeren Zeitgebern und der sozialen Gruppe vermieden. Die Versuchspersonen schliefen unter diesen Bedingungen für kürzere Dauer und blieben im Vergleich mit normalen Personen auch nur für kürzere Zeit wach: die durchschnittliche Schlaf-Wach-Zykluslänge betrug 10.2 Stunden. Der Medianwert für die Dauer der Schläfchen während des Tages betrug 1.4 Std.. Ferner zeigte sich, daß die Tages-Schläfchen sich in ihrer Struktur in keiner Weise vom Nachschlaf unterscheiden, vielmehr eine Miniatur des normalen 8-stündigen Nachschlafes abbilden, etwa im Hinblick auf den Phasenzusammenhang mit der Körpertemperatur oder den Schlafstadienverlauf. Die Autoren folgern, daß die Tagesschläfchen von den selben Mechanismen wie der Nachschlaf gesteuert werden und einen zugrundeliegenden, periodisch erscheinenden Schlafbedarf manifestieren.

1.2.4. Interhemisphärische 'Shift-Hypothese'

1969 berichtet eine erste Tierstudie an Walen von asynchronen Schlaf-EEG-Frequenzen für die beiden cerebralen Hemisphären, mit alternierendem Charakter (Shurley und Serafetinides, 1969), welche später repliziert werden konnte: „...during relative relaxation the two hemispheres beat at independent electrical rates, as if each one of them functions to a certain extent independently...the electrical activity of the left and right hemispheres tended to alternate in the sense that when one showed low voltage, alpha like or fast activity, the other tended to show activity of higher voltage and lower frequency“ (Serafetinides et al., 1972, S. 250). Später wurde auch für andere Arten von alternierender Hemisphärenaktivierung berichtet: bei Katzen (Webster, 1977); bei Hasen (Nelson et al., 1977); bei Delphinen (Mukhametov, 1977)

Eine erste größere Studie für die Evidenz einer alternierenden cerebralen Aktivität der Hemisphären des Menschen während des Schlafes wurde von Goldstein et al. (1970 und 1972) durchgeführt. Sie fanden Veränderungen in den Amplitudenbeziehungen zwischen den Hemisphären für die Wechsel zwischen NREM und REM-Schlaf beim Menschen. Goldstein, Stolfus und Gardocki (1972) berichteten über den Wechsel zu niedrigerer Aktivität in der linken gegenüber der rechten Hemisphäre während NREM (Stadien 2,3,4) und umgekehrt während REM. Da eine relativ niedrigere Alpha-Aktivität in der rechten Hemisphäre während räumlicher Aufgaben auftritt und in der linken während verbalen Aufgaben (Galín und Ornstein, 1972,) scheinen diese Ergebnisse konsistent mit der Hypothese, daß die rechte Hemisphäre spezifisch in den REM-Schlaf involviert ist. Umgekehrt wurden auf diesen Befunden aufbauend Studien angestrengt, die prüfen sollten, ob sich diese Annahmen auf Verhaltensebene bestätigen.

Aus den Erkenntnissen zur BRAC-Hypothese folgerte Broughton (1975), daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 90-120 Minuten mit dem periodischen, gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht. Ergebnisse aus der Schlafforschung ergaben (Broughton, 1975), daß die Leistungen von Versuchspersonen in verschiedenen Testaufgaben in Abhängigkeit vom Erwachen aus den Schlafstadien REM und NREM standen. Wurden die Probanden aus einer REM-Phase geweckt, so ergaben sich bessere Testleistungen in räumlich-visuellen Testaufgaben, hingegen das Wecken aus einer NREM-Phase ergab bessere Leistungen in verbalen Testaufgaben. Diese Befunde wurden als unterschiedliche Aktivierungen der Hemisphären interpretiert. Eine REM-Phase geht demgemäß mit stärkerer Aktivierung der rechten, ein NREM-Phase mit stärkerer Aktivierung der linken Hemisphäre einher. Auch im Wachzustand konnten derartige Oszillationen in der Aktivierung der Hemisphären festgestellt werden (Gordon, 1982)

Eine erfolgreiche Demonstration des ultradianen Alternierens der cerebralen Hemisphäre im Wachzustand mittels des EEG gelang Werntz, Blickford, Bloom und Shannahoff-Khalsa (1983). Die rhythmisch alternierende Dominanz zwischen rechter und linker Hemisphäre wird in zeitlichen Zusammenhang mit den zwei hemisphärenabhängigen Strategien der kognitiven Fähigkeiten gesetzt. Werntz et al. untersuchten 43 Personen und konnten signifikante Wechsel in der Hemisphärendominanz mit einer Periodenlänge zwischen 40-215 min. (M 90 min.) feststellen. Größere relative EEG-Amplituden (niedrigere Aktivierung) in der linken Hemisphäre korrelierten mit dem REM-Schlaf welche die Aktivitätsphase des 'rest-activity-cycles' darstellt (Goldstein et al., 1972). NREM-Schlaf dagegen korreliert mit relativ größeren Amplituden (niedrigere Aktivierung) in der rechten Hemisphäre

So werden die mittleren Spannungsamplituden zweier an spiegelsymmetrischen Punkten des Schädels abgeleiteter Elektroenzephalogramme (EEG) periodisch und oftmals gegenläufig moduliert. Infolgedessen schwankt das Verhältnis zwischen rechts-und linkshemisphärischer Spannungsamplitude in allen Spektralbereichen des EEG mit ultradianen Perioden von 1.5-3 Stunden während des Schlafes und der Wachzeit. (Grau et al., 1985; Manseau and Broughton, 1984; Goldstein et al., 1972; Ortega und Cabera, 1990).

Einhergehend mit den Vigilanzschwankungen zeigte sich ein Wechsel im peripheren Blutfluß (Romano und Gizdulich, 1980).

Neben den 1.5 stündigen Zyklen wurden aber bald auch langsamere Frequenzen entdeckt. Einige Studien haben ultradiane Variationen der Alertness in EEG Messungen gezeigt. Kripke (1972) berichtet über signifikante ultradiane Rhythmen der EEG Aktivität in verschiedenen Frequenzen von isolierten und teilweise sensorisch deprivierten Versuchspersonen, am deutlichsten im Delta Frequenzband (0.5-0.3 cps = cycles per second). Kripke und Sonnenschein (1978) fanden ein 90 min. Intervall des Tagträumens (lebhaft Bilder, die den 'hypnagogischen Halluzinationen' des Schlafbeginns gleichen), welches mit beständiger Alpha Aktivität korreliert war. In einer späteren Replikation der Studie wurden allerdings längere Zyklen um 3h gefunden (Kripke et al., 1985). Lavie schreibt an dieser Stelle: "As we shall see there are additional findings of ultradian rhythms in alertness with periodicities longer than 1.5h." (S.149).

Lavie und Scherson (1981) untersuchten, ob sich die Rhythmen in der 'Alertness' nicht in der Neigung der Versuchsperson niederschlagen würden, zu verschiedenen Zeiten des Tages einzuschlafen. Schlaf und Wachheit wurden über das EEG definiert. Sie fanden 1.5h Rhythmen des Schlafstadiums 1.. Nachdem die Einschlafneigung auch einer circadianen Komponente unterliegt, zeigte sich dieser Rhythmus in den Morgenstunden deutlicher. Dieselbe Frequenz in der Neigung, ein Nickerchen zu machen konnten Volk et al. (1984) auch bei Somnolenz-Patienten (krankhafte Schläfrigkeit in Form von Tagschlaf-Attacken) finden. Lavie und Zomer (1983) weckten Probanden aus der letzten morgendlichen REM oder NREM Phase und gaben ihnen für acht Stunden in 15 min. Intervallen die Anweisung einzuschlafen, wie in den oben beschriebenen Experimenten. Es zeigten sich zwei ultradiane Komponenten: eine 1.5 stündige die, obgleich schwach, mit dem REM-NREM Zyklus synchronisiert erscheint und eine längere Komponente von 3.5-4 Std. Diese langsamen Rhythmen der 'Alertness', d.h. des 3-4 stündigen Schlaf-Wach-Zyklus wurden auch bei Patienten gefunden, die langandauernde, kontinuierliche Bettruhe einhalten mußten (Nakagawa, 1980; Campbell, 1984).

Gertz und Lavie (1983) leiteten alle zehn Minuten für die fünf folgenden Minuten die EEG-Aktivität über 7.5 Std. ab. Sie fanden in der mittleren Frequenz und Amplitude (mittlere EEG-Frequenz, mittlere Amplituden and mittlere integrierte EEG-Amplituden) eine dominante Periodizität von 100 min/c (und eine schwächere Komponente von 200 min/c).

Das Vorkommen ultradianer Rhythmizitäten in der EEG-Aktivität wacher Personen während eines gewöhnlichen Tages untersuchten auch Manseau und Broughton (1984). Sie zeichneten alle 15 Minuten für 100s frontale und parietale EEGs über acht Stunden auf. Das Ergebnis der Spekralanalyse ergab 16 Zyklen/Tag, das bedeutet eine Periodizität von 72-100 min. in der Gesamtpower jeder Hemisphäre. Die ultradianen Rhythmen in der elektro corticalen Aktivität waren synchronisiert zwischen den Hemisphären. Eine substanzielle Anzahl Spektralpeaks ergab langsamere Frequenzen, nämlich 8 Zyklen /Tag, das bedeutet eine Periodizität von 3h.

In einigen Tierstudien konnten ultradiane Fluktuationen in EEG-Arousal-Messungen nachgewiesen werden. Kripke und Mitarbeiter (1976) machten bei Rhesusaffen 24stündige elektrophysiologische Messungen. Sie fanden in einigen Frequenzbändern ultradiane Rhythmen sowohl in der ersten Hälfte des Tages, als auch in der zweiten. Während der

Hellphase waren die Rhythmen mit 120 min/c langsamer gegenüber der Dunkelphase mit 60 min/c. Sie folgerten eine circadiane Modulation der ultradianen Frequenz. Lucas and Harper (1976) fanden in schlafdeprivierten Katzen 20 minütige Perioden (wobei diese Frequenz identisch ist zur REM-NREM Periodizität der Katze im Schlaf) und 3stündige Perioden in der Stimulationsrate des Gehirns, die benötigt wird, um das Arousal aufrecht zu erhalten.

Auch spätere Arbeiten bestätigten diese Befunde. Okawa et al. (1984) leiteten an 19 Tagen über elf Stunden hinweg in 20 min. Intervallen für fünf Minuten ein komplexes EEG (sechs Frequenzbänder) ab, um nach der Matousek-Petersén Methode (Matousek und Petersén, 1983) die Vigilanzschwankungen zu erheben. Ihre Ergebnisse lassen sich so zusammenfassen: Es konnte bei 16 Tagesprotokollen (84%) eine signifikante ultradiane Rhythmizität mit einer Periode zwischen 60 und 110 min. gefunden werden. Von Person zu Person variierte sowohl die Intensität, als auch die Periode stark. Auch intraindividuell konnten an verschiedenen Meßtagen starke Unterschiede festgestellt werden.

1.2.4.1. Interhemisphärischer Dominanzwechsel: Alternierender 'kognitiver Stil'

Mit weiteren neuropsychologischen Experimenten wurde versucht, diese Schwankungen in hemisphärenspezifischen Aufgaben nachzuweisen. Auch im Hinblick auf die Hemisphärenspezialisierung war es bedeutsam, herauszufinden, ob bestimmte Stimuli-Klassen mit einem stabilen Seitenvorteil verarbeitet werden, oder ob der laterale Vorteil einem Wechsel über die Zeit unterliegt. Alle lateralisierten Modalitäten (visuell, auditorisch und sensorisch) und damit implizit der jeweilige Hemisphärenvorteil, zeigten solche Änderungen (Goldberg und Costa, 1981).

Klein und Armitage (1979) waren die ersten, die hemisphärenspezifische Langzeittestungen¹² mit verbalem (Buchstabenvergleich) und räumlichem (Punktwolkenvergleich) Reizmaterial durchführten. Sie fanden eine 1 1/2

¹² EXKURS: Alternierende Leistungsschwankungen der Hemisphäre trotz funktionaler Hemisphärenasymmetrie

Aus den Berichten von Marc Dax (1838, 1865) über linkshemisphärische Läsionen und deren Zusammenhang mit Sprachstörungen, sowie den Autopsiebefunden Paul Brocas (1861, 1863) krankhaft veränderter linker Frontallappen und damit zusammenhängender Ausfälle in der Sprachproduktion, wurde schon sehr früh gefolgert, daß jede Gehirnhälfte unterschiedliche Funktionen steuert, und Sprache im besonderen von der linken Hemisphäre kontrolliert wird. Dieses Konzept der Lokalisation von Hirnfunktionen (Benton und Joynt, 1960; Seidel, 1971; Perret, 1973; u.a.) konnte allerdings erst allmählich Anerkennung gewinnen, und die bestehende Vorstellung, daß das gesamte Gehirn an jeder einzelnen Funktion mitwirkt, ablösen.

Die Formulierung des Zusammenhangs zwischen Händigkeit und dominanter Hemisphäre (Brocasche Regel; Bouillard, 1865; vgl. Hecaen und Piercy, 1956; Benton, 1965; u.a.), sowie weitere Befunde im Zusammenhang mit linkshemisphärischen Schädigungen, die das Sprachverständnis betrafen (Wernicke, 1874, 1906; u.a.) oder verschiedene Lese- und Schreibschwierigkeiten und andere Störungen (Agraphie; Ogle, 1867; Apraxie; Liepmann, 1900, 1905, 1908; u.a.), verdichteten mehr und mehr die Ansicht, daß die linke Hemisphäre für sprachliche Funktionen im allgemeinen von großer Bedeutung ist. Aufgrund dieser Befundlage entwickelte sich das Konzept der zerebralen Dominanz. Es besagt, daß bei Rechtshändern gewöhnlich im Hinblick auf Sprache und andere höhere kognitive Funktionen, die linke Gehirnhälfte eine dominierende Rolle spielt (Martinius, 1974; Henschen, 1926; Strong und Elwyn, 1943; Brain, 1962, u.a.).

Mit dem Bekanntwerden von spezifischen Ausfällen nach rechtshemisphärischen Schädigungen, beispielsweise Probleme bei nicht-verbale Aufgaben, deren Anforderungen im Bereich von Formerkennung, Distanzeinschätzung oder dem Erkennen von räumlichen Zusammenhängen liegen, oder Beeinträchtigungen, die Orientierungsfähigkeit und Aufmerksamkeit betreffen (Hecaen et al., 1951; u.a.), entwickelte sich im weiteren Verlauf der Hemisphärenforschung das heute gängige Konzept der funktionalen Hemisphärenasymmetrie (Bogen, 1969; Wittling, 1973; Martinus, 1974; u.a.). Demgemäß leisten beide Hemisphären mit ihren speziellen Fähigkeiten jeweils spezifische Beiträge am globalen Funktionieren des Gehirns (Deegener, 1978, Springer und Deutsch, 1992; Witelson, 1987; Kimura, 1989;)

Im weiteren Verlauf der Forschungen zu Hemisphärenasymmetrien wurden verschiedene neuropsychologische und -physiologische Verfahren benutzt, beispielsweise Methoden mit elektrischer Hirnreizung (Penfield und Roberts, 1959; u.a.), der selektiven Betäubung einer Hemisphäre (Wada-Test, Wada, 1949; Wada und Rassmussen, 1959), mit operativen Eingriffen am Gehirn (Lobektomien; Milner, 1958; McFie, 1961a, b; u.a.; Split-brain-Operationen; Sperry, 1966, 1968, 1974; Gazzaniga, 1970; u.a.) oder Testverfahren mit lateralisierter Stimulusdarbietung (Tachistoskopische Bildbenennung; McKeever, 1971; u.a.; Dichotische Wortbenennung; Broadbent, 1954; Kimura, 1967; vgl. als Übersichtsarbeiten Richardson und Knights, 1970; Hugdahl, 1988; u.a.), die der Erfassung von funktionalen Hemisphärenasymmetrien an gesunden und klinischen Populationen dienen.

Weiterhin entwickelten sich differenziertere Konzepte, welche die beiden Hemisphären als komplexe Verarbeitungssysteme mit der Möglichkeit der Interaktion ansehen, der gegenseitigen Aktivierung und Inhibition¹² (Zaidel, 1978, 1983; Bever und Chiarello, 1974; Luria, 1973; Studdert-Kennedy und Shankweiler, 1970; Moscovitch, 1976; Suberi und McKeever, 1977; Kinsbourne, 1970; Davis und Schmitt, 1971; Dimond und Beaumont, 1974; Hines, 1975; Kinsbourne, 1970, 1975; Moscovitch, 1979; Beaumont, 1981; Whitaker und Ojeman, 1977)

Die Befunde von Pulvermüller (1996) motivieren schließlich die Annahme, daß inhaltlich bedeutsame Wörter in, sich über beide Hemisphären erstreckenden Zellensembles, verarbeitet werden sodaß rechte und linke Hemisphäre gleichermaßen geeignet sind so geartetes verbales Material zu verarbeiten.

stündige Oszillation mit 180° phasenverschobenen Leistungsmaxima für die verbale und räumliche Aufgabe. Immer dann nämlich, wenn die Leitung in der verbalen Aufgabe einem Leistungsmaximum zustrebte, sank im gleichen Maße das Vermögen, die räumliche Aufgabe zu leisten. Nach einem räumlichen Leistungstief mit zeitgleichem verbalen Leistungshoch kehrte sich die Bewegung um und die räumliche Testaufgabe zeigte zunehmend bessere Ergebnisse, während jetzt die verbale Testaufgabe mehr und mehr Probleme bereitete. Klein und Armitage befanden daraufhin, daß die Beziehung zwischen den Hemisphären den Basic-Rest-Activity-Cycle widerspiegelt. Das bedeutet, daß die Lateralisierung der cerebralen Hemisphären oder der Balance zwischen rechten und linken Hemisphärenfunktionen im wachen Erwachsenen, als 90-120 minütiger Zyklus ausgedrückt werden kann.

Klein und Armitage (1979) resümierten daraufhin mit Blick auf die Erkenntnisse zur funktionalen Hemisphärenasymmetrie:

“This finding is consistent with the hypothesis that **in humans the BRAC is characterized by oscillations in the relative activation of efficiency of the two cerebral hemispheres, which are specialized for the performance of verbal and spatial tasks...**the relative efficiency of the spatial-wholistic right hemisphere may be high during REM sleep and its corresponding waking phase, whereas that of the verbal-analytic left hemisphere may be high during NREM sleep and its corresponding waking phase.” (S.1235; Hervorheb. durch Verf.)

Um diesem Zusammenhang nachzugehen, führten Gordon, Frooman und Lavie (1982) räumliche und verbale Tests nach dem Wecken aus REM- und Non-REM- Schlafphasen, welche mit einer Frequenz von ca. 90 min. alternieren, durch. Die Hälfte der Versuchspersonen wurden am Beginn der ersten REM-Periode geweckt und dann wieder während der darauffolgenden Non-REM. Die andere Hälfte der Versuchspersonen wurden zunächst in einer Non-REM-Periode geweckt und dann in einer REM-Phase. Nach jeweils 1-2 Minuten wurden die Personen den hemisphärenspezifischen Tests unterzogen. 92% der Versuchspersonen schnitten in der räumlichen Aufgabe ('Visuospatial Task': räumliche

Obwohl die oben genannten Faktoren in der Langzeitdarbietung des dichotischen Materials berücksichtigt wurden, Darbietungszeit und -art stabil bleiben über die Zeit und die Personen hinweg und obwohl frühere Modelle zur funktionellen Hemisphärenasymmetrie davon ausgingen, daß die spezifischen in verschiedenen Testaufgaben gefundenen Dominanzverhältnisse ein über die Zeit hinweg stabiles Phänomen darstellen, konnte gezeigt werden, daß Wahrnehmungsleistungen zeitlich dynamische Komponenten beinhalten, d.h., daß sie zeitlichen Fluktuationen unterliegen. Diese dynamischen Komponenten werden vor allem im Hinblick auf die von Kleitman (1961, 1982) postulierte BRAC-Hypothese diskutiert, welche die verschiedene Rhythmen des Tages und in perzeptiven Leistungen (EEG-Rhythmen der corticalen Aktivierung, Aktivitäts- und Futterzyklen, perzeptive und kognitive Leistungen, Aufmerksamkeit (attention), geistige Wachheit (Vigilanz) als Epiphänomene eines grundlegenden, durch zentralnervöse Aktivierung erzeugten, basalen Ruhe-Aktivitäts-Zyklus interpretiert.

Sergent (1986) konnte dies für die tachistoskopische Bildbenennung nachweisen. Wird halbfeldspezifisch gereizt, projizieren die optischen Bahnen der zwei Hälften der Retina schon bei monauraler Darbietung in die contralaterale Hemisphäre, solange Fixationszeiten über 200 Millisekunden unterschritten werden. Die Entscheidung der Versuchsperson für die Erstnennung des zuerst gesehenen, von zwei simultan eingeblendeten Bildern gibt hier das Maß des Hemisphärenvorteils für die Verarbeitung der Inputs zum jeweiligen Zeitpunkt. Galt ursprünglich für das visuelle System, daß die rechte Hemisphäre die führende Rolle bei der Verarbeitung bild- und gestalthaften Materials übernimmt, so ließ sich mit Hilfe der Tachistoskopischen Bilddarbietung zeigen, daß der relative Leistungsvorteil nicht stabil bleibt, sondern gegenphasig im ultradianen Zeitbereich oszilliert.

Die zeitliche Variation in der oben beschriebenen Präferenz zur Erstnennung des links- oder rechtsseitig gehörten Reizes, scheint von endogenen Vorgängen moduliert zu werden. Wie in der theoretischen Einleitung beschrieben, stützen Ergebnisse aus EEG-Studien die Hypothese, daß periodische Oszillationen der Aktivität des Hirnstammes einen Dominanzwechsel der Hemisphären im ultradianen Zeitbereich bedingen (Manseau and Broughton, 1984, Bemelmans et al., 1984).

Hemisphärenspezifisch lateralisierte, ultradiane Zyklen bedingen entsprechende Variationen auditiver und visueller Leistungen. Diese lassen sich auch mit Hilfe neuropsychologischer Testmethoden nachweisen (Almirall et al., 1988; Gordon und Stoffer, 1989).

Ein valides Testverfahren, dessen Ohr-Hemisphärenasymmetrie-Zusammenhang hoch mit dem Wada-Test korreliert (Kimura, 1961; Geffen und Quinn, 1984) und damit gute Rückschlüsse über den Aktivierungszustand der Hemisphäre über die Zeit zuläßt, ist das dichotische Hören (Richardson und Knights, 1970).

Es ließ sich mit Hilfe des Tachistoskopischer Bilddarbietung für das visuelle System zeigen, daß dieser relative Leistungsvorteil der jeweils aktivierten Gehirnhälfte, gegenphasig im ultradianen Zeitbereich oszilliert. Wird halbfeldspezifisch gereizt, projizieren die optischen Bahnen der zwei Hälften der Retina schon bei monauraler Darbietung in die contralaterale Hemisphäre, solange Fixationszeiten über 200 Millisekunden unterschritten werden. Die Entscheidung der Versuchsperson für die Erstnennung des zuerst gesehenen, von zwei binaural simultan eingeblendeten Bildern, gibt hier das Maß des Hemisphärenvorteils für die Verarbeitung visueller Inputs zum jeweiligen Zeitpunkt. (Sergent, 1986).

Galt ursprünglich für die tachistoskopische Halbfeldstimulation, daß sie die führende Rolle der rechten Hemisphäre für die Verarbeitung bild- und gestalthaften Materials herausstellte, so war dies für die Verarbeitung verbalen Materials eher umstritten. Es zeigte sich, daß auch dieses Paradigma geeignet ist, den oszillierenden, interhemisphärischen Leistungsvorteil, die ultradianen Lateralitätszyklen der beiden Hemisphären, gegeneinander darzustellen (Werner, 1989).

Lokalisation und Orientierung, Formergänzung) nach dem Wecken aus einer REM-Phase gegenüber der verbalen Aufgabe ('Verbosequential Test': Tonserien, Zahlenserien, Wortproduktion) signifikant besser ab. Das Vigilanzniveau und die Aufmerksamkeit war beim Aufwachen aus beiden Schlafphasen gleich hoch. Deshalb mußten die Leistungen als spezifisch für den Zusammenhang Aufgabe und Schlafstadium angesehen werden. Diese Ergebnisse bestätigten damit die Auffassung von Klein und Armitage.

Auch Kittler und Mitarbeiter (1989) konnten einen solchen Dominanzwechsel bei 20 weibl. Rechtshänderinnen für visuell-räumliche Stimuli beobachten. Sie beobachteten einen Wechsel im Halbfeldvorteil.

Werner (1989) bot über acht Stunden hinweg in viertelstündlichen Messungen tachistoskopische Bilder dar. Auch sie konnte einen periodischen Dominanzwechsel im Halbfeldvorteil beobachten. Die Periodenlänge der Phasen in den optischen Erstnennungen betrug eineinhalb bis zweieinviertel Stunden, eine Zykluslänge, die damit nicht mehr im einfachen Frequenzbereich des BRAC liegt.

1989 schließlich gelang es Leon-Carrion die Arbeit von Klein und Armitage zu replizieren. Er bot 24 jungen Männern viertelstündlich eine rechts- und eine linkshemisphärische Aufgabe dar und konnte finden, daß die mittlere Phasendifferenz bei einer Zyklizität von 90-100 min., wie in den Ergebnissen von Klein und Armitage, ca. 180° betrug.

1.2.4.2. Langsamer BRAC?

Wie die oben beschriebenen EEG-Untersuchungen aufwiesen, zeigen sich neben den 90 minütigen BRAC-Frequenzen in verschiedensten Verhaltensvariablen auch langsamere Periodizitäten.

Andere Autoren, die verlängerte Zyklen fanden, interpretierten diese als mehrfache BRAC-Frequenzen.

Gertz und Lavie (1983) leiteten alle zehn Minuten für die folgenden 5 Minuten die EEG-Aktivität über 7.5 Std. ab. Sie fanden in der mittleren Frequenz und Amplitude (mean frequency of the EEG, mean amplitude and mean integrated amplitude of the EEG) eine dominante Periodizität von 100 min/c (und eine schwächere Komponente von 200 min/c).

Das Vorkommen ultradianer Rhythmitäten in der EEG-Aktivität wacher Personen während eines gewöhnlichen Tages untersuchten auch Manseau und Broughton (1984). Sie zeichneten alle 15 Minuten für 100s frontale und parietale EEGs über acht Stunden auf. Das Ergebnis der Spektralanalyse ergab 16 Zyklen/Tag, das bedeutet eine Periodizität von 72-100 min. in der Gesamtpower jeder Hemisphäre. Die ultradianen Rhythmen in der elektrocorticalen Aktivität waren zwischen den Hemisphären synchronisiert. Eine substantielle Anzahl Spektral Gipfel zeigten langsamere Frequenzen, nämlich 8 Zyklen /Tag, das bedeutet eine Periodizität von 3h.

In einigen Tierstudien konnten ultradiane Fluktuationen in EEG-Arousal-Messungen nachgewiesen werden. Kripke et al. (1976) machten bei Rhesusaffen 24stündige elektrophysiologische Messungen. Sie fanden in einigen Frequenzbändern ultradiane Rhythmen sowohl in der ersten Hälfte des Tages, als auch in der zweiten. Während der Hellphase waren die Rhythmen mit 120 min/c langsamer gegenüber der Dunkelphase mit 60 min/c. Sie folgerten eine circadiane Modulation der ultradianen Frequenz. Lucas and Harper (1976) fanden in schlafdeprivierten Katzen 20 minütige Perioden (wobei diese Frequenz identisch ist zur REM-NREM Periodizität der Katze im Schlaf) und 3stündige Perioden in der Stimulationsrate des Gehirns, die benötigt wird um das Arousal aufrecht zu erhalten

Schaller (1994) führte in 15-Minuten-Intervallen über acht Stunden hinweg den Dichotischen-Hörtest als hemisphärenspezifische Leistungsaufgabe durch. Darauffolgend wurde das Nachtschlaf-EEG der Versuchspersonen aufgezeichnet. Bezogen auf 'rechtes' und 'linkes Ohr' zeigte nur ein Teil der Versuchspersonen periodische Schwankungen der Hemisphärendominanz. Schaller beobachtete rhythmische Veränderungen in der Lateralisierung seiner Versuchspersonen während 8-stündigen Wahrnehmungstests und den daran anschließenden Nachtschlaf seiner Probanden in Bezug auf die REM-NREM- Zyklizität. Er konnte eine mittlere Frequenz von 2 Std. in den 'Peak-to-Peak' Intervallen im dichotischen Hören finden und eine mittlere REM-NREM-Zyklizität im darauffolgenden Nachtschlaf von 1,6 Std. In dieser Studie zeigte sich damit die Rhythmität der Tagesphasen verlängert gegenüber denen im Nachtschlaf. Neben den von Kleitman (1963) und Lavie (1982, 1985) gefundenen 90 min. Zyklen sprachen einige Studien von der Existenz 3-4stündiger Zyklen in Wahrnehmungsaufgaben sowie in der Tages-EEG-Aktivität/Arousal, vom sogenannten langsamen ultradianen Rhythmus ('slow ultradian rhythm'; Lavie und Zomer, 1984; Manseau und Broughton, 1984; Tsuji und Kobayashi, 1988; Ortega und Cabrera, 1990). Tsuji und Kobayashi (1988) und Manseau und Broughton, (1984) fanden beide eine 90 minütige und eine mehrstündige Zyklizität in der EEG-Aktivität. Lavie und Zomer, (1983)

berichten, daß Schläfrigkeit vom 90 minütigen ultradianen Rhythmus, vom langsamen ultradianen Rhythmus, sowie vom circadianen Rhythmus beeinflusst wird. Auch in der kognitiven Leistungsfähigkeit wurde ein langsamer ultradianer Rhythmus beobachtet (Klein und Armitage, 1979; Hori, 1989).

Hayashi, Sato und Hori (1994) untersuchten, nachdem die Probanden gemäß EEG-Ableitung acht Stunden geschlafen hatten, in ihrer Tagesstudie sowohl die EEG Aktivität, als auch die Leistung in Wahrnehmungsaufgaben, sowie subjektive Einschätzung über 9 Stunden in 15 Minuten Abständen. Sie fanden signifikante Frequenzen mit 16 Z/T (Zyklen pro Tag) in der Theta-Band Aktivität und 12 Z/T in der Schläfrigkeit, Reaktionszeit und der Selbsteinschätzung. Allerdings kommen die Autoren zu dem Ergebnis, daß die ultradianen Fluktuationen der EEG Aktivität nicht in Beziehung stehen mit subjektiven Variablen oder Verhaltensvariablen. Schon Ortega und Cabrera (1990) hatten zwischen dem Zyklus der EEG-Aktivität und dem der kognitiven Leistung keinen signifikanten Zusammenhang finden können. In der Studie von Hayashi, Sato und Hori (1994) wurden die Versuchspersonen nach normalem Nachtschlaf untersucht ohne Schlafdeprivation oder ansteigender Schläfrigkeit aufgrund der Arbeitsbedingungen. Die Autoren konnten sowohl den 90-120 min. Zyklus finden, als auch den langsamen ultradianen Zyklus (12 Z/T, 6 Z/T).

Auch Åkerstedt (1991) fand in seiner Untersuchung über Schichtarbeiter nicht, daß die EEG Band Aktivität mit der Leistung in Wahrnehmungsaufgaben kovarierte. Wenn allerdings die EEG Band Power anstieg konnte Åkerstedt einen gleichzeitigen Absinken in der Leistung bei steigender Schläfrigkeit beobachten.

1.2.4.3. Interhemisphärische 'Shift-Hypothese' und taktile Tests

Hemisphärenspezifische Leistungstests¹³ nach dem Wecken aus dem Schlaf durchzuführen, sind eine andere Herangehensweise, um die Korrelationen zwischen Hemisphäre und REM-NREM Stadien aufzudecken (s.u. Schon Gordon et al. (1982) hatte Versuchspersonen nach Wecken aus dem REM verbalen und räumlichen Tests unterzogen). Die Grundlegende Voraussetzung war dabei die Annahme, daß während REM-Phasen eine rechtshemisphärische Dominanz besteht, während NREM-Phasen dagegen eine linkshemisphärische Dominanz¹⁴ aufweisen (Cartwright, 1977; Antrobus et al., 1978; Goldstein, 1972). Einige Studien kamen dabei zu dem Ergebnis, daß die stärkere rechtshemisphärische Aktivierung im REM nach dem Wecken aus diesem Stadium noch im Wachzustand fort dauert und vice versa im NREM (Starker, 1970; Bertini et al., 1975; Giora, 1973).

Um diese Hypothese zu testen, führten Bertini und Mitarbeiter (1984) eine lateralisierte Präsentation von Stimulusmaterial durch. Mit dem Argument der Projektion in nur die kontralaterale Hemisphäre von Reizen an distalen Körperpartien (Brinkman und Kuypers, 1972) wurde ein taktile Test gewählt: Einhändiger Formenvergleich. Bertini et al. ließen von ihren Versuchspersonen einhändig Formen ertasten und verlangten in der Folge, die kennengelernte Form in einer 'multiple choice' Bedingung zwischen mehreren herauszufinden. Die Ergebnisse lassen sich mit der Hypothese wie folgt vereinbaren:

Zunächst wurde im Wachzustand, wie schon in anderen Arbeiten (Benton et al., 1978; Witelson, 1974), eine signifikante linkshändige Überlegenheit - rechtshemisphärische Überlegenheit in der Verarbeitung räumlichen Materials - gefunden.

Ferner zeigte sich eine **deutliche bessere Leistung der linken Hand beim Wecken aus dem REM (rechtshemisphärische Aktivierung), verglichen mit dem Wecken aus dem NREM (linkshemisphärische Aktivierung). Während NREM wurde keine Linkshandüberlegenheit gefunden, sondern eine verbesserte rechtshändige Leistung.** Zur Frage der alternierenden Hemisphärenaktivierung schließen die Autoren: „In conclusion a cyclic alternation between right and left hemisphere activation may represent a physiological counterpart of the cyclic alternation between thinking modalities during sleep“¹⁵. Die Autoren folgern einen Dominanzwechsel von rechter zu linker Hemisphäre beim Übergang von REM-Schlaf zu NREM-Schlaf.

Zur selben Zeit fanden auch Lavie et al. (1984) in ihrer Nachfolgestudie zur Arbeit von 1982 (Gordon, Froeman und Lavie, 1982) erneut, daß rechtshemisphärische Tests besser gelöst wurden nach dem Aufwachen aus dem REM

¹³ deren Eigenschaften daraufhin überprüft worden waren (Bentin und Gordon, 1979; vgl. Exkurs: Hemisphärenasymmetrie)

¹⁴ Diese Annahme ist kongruent mit EEG-Beobachtungen und CBF Messungen rechtshemisphärischer Aktivierung während REM (Goldstein et al., 1972; Meyer et al., 1980).

¹⁵ Bertini, Violani, Zoccolotti, Antonelli, Di Stefano, 1983). Performance on a unilateral tactile test during waking and upon awakenings from REM and NREM, S.422.

(rechtshemisphärische Dominanz nach dem LQ) und linkshemisphärische nach dem Aufwachen aus dem NREM (linkshemisphärische Dominanz). Es konnten hierin keine Geschlechtsunterschiede gefunden werden.

Zusammenfassung BRAC: Unter dem BRAC wird nicht etwa eine bestimmte, ultradiane Frequenz verstanden, sondern 'BRAC' bezeichnet ein theoretisches Prinzip, das versucht verschiedene ultradiane Frequenzen in einen theoretischen Zusammenhang bringen. Über 50 Studien konnten diesen Zyklus nachweisen. Heute wird eine Zusatzannahme gemacht zum theoretischen Konzept, d.h. ein erweitertes BRAC-Modell angenommen: Mit einem variablerem Frequenzbereich (Kleitmann, 1982; Shannahoff-Khalsa, 1993). Heute würde man eher davon ausgehen, daß nicht alle ultradianen Rhythmen, auch nicht alle, mit Perioden von 1.5 h, zum BRAC gehören, sie aber ähnliche, fortdauernde Prozesse mit verschiedenen Frequenzen repräsentieren (Lavie et al., 1978; Kripke, 1985; Shannahoff-Khalsa, 1993). Auf der Suche nach Gleichförmigkeit zumindest einiger ultradianer Rhythmen kann eine erweiterte BRAC Hypothese, welche verschiedene Frequenzen umfaßt, als vereinigendes Prinzip angesehen werden, da ultradiane Rhythmizität als Ganzes durch Verschiedenheit charakterisiert ist, in seinen Mechanismen genauso wie in seinen adaptiven Bedeutungen

Das Forschungsgebiet der ultradianen Rhythmen ist in der Entwicklung begriffen. Die Erkenntnisse aus den Arbeiten über ultradiane Rhythmen helfen die scheinbare Variabilität des Verhaltens innerhalb eines Tages aufzuklären. Auch nach beinahe 30 Jahren BRAC-Forschung bleiben die Ergebnisse heterogen. Noch fehlen ausreichende Belege über Existenz, Vorhersagbarkeit, Veränderlichkeit des BRAC-Phänomens beim Menschen. Ferner müssen die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen ultradianen Ereignissen noch näher bestimmt werden.

2) Ziele der Studien - Experimentalplan und Stichprobenbeschreibung

Im Nachfolgenden werden die Ziele dieser Studien anhand einer kritischen Auseinandersetzung mit dem aktuellen Forschungsstand formuliert, ohne an dieser Stelle ausführlich auf eine Dokumentation der Literaturstellen einzugehen, da die einzelnen Kritikpunkte in den jeweiligen Theorieteilern und insbesondere in der Diskussion nochmals aufgegriffen und mit den entsprechenden Literaturverweisen dargestellt werden.

Kleitman berichtete 1982 in seinem Artikel: „Basic-Rest-Activity cycle - 22 years later“ von über 50 Studien, die sich mit der möglichen Existenz des BRAC befassen. Aus diesem Überblick geht hervor, daß es für physiologische Variablen berechtigten Anlaß gibt, den fortlaufenden Ruhe-Aktivitätszyklus im 80-120 min. Bereich anzunehmen.

Dennoch ergibt der Forschungsstand zur BRAC-Hypothese und insbesondere zur Interhemisphärischen ‘Shift-Hypothese’ in Wahrnehmungsaufgaben bis heute ein inkonsistentes Bild. Bisher waren die Evidenzen für einen ultradianen Wachrhythmus der Leistung äquivok.

Ein erster Kritikpunkt, auf den schon Neubauer et al. (1995) hinwiesen, betrifft die Tatsache, daß BRAC-interessierte Forscher in ihren Arbeiten nur über erwartete Frequenzen im gesuchten Zeitbereich (80-120 min.) berichten, die oft weder am prominentesten noch signifikant waren, ohne auf andere Oszillationen mit gleicher Stärke hinzuweisen. Lange Zeit ergab sich deshalb ein verzerrtes Bild (Kripke et al., 1985).

Lavie betonte 1985 (Lavie, 1985), daß nur 10% der gefundenen Spektralpeaks im engeren BRAC-Bereich liegen. Dagegen würden langsamere Perioden (3-4 Stunden) den Hauptanteil der Varianz erklären. Dieser Befund wird auch in anderen Arbeiten bestätigt (Neubauer et al., 1995; Winkelmann, 1990; Lavie und Scherson, 1981; Nakagawa, 1980; Campbell, 1984).

Klein und Armitage (1979) lösten mit ihrer Arbeit zur Interhemisphärischen ‘Shift-Hypothese’ (Existenz eines 1 1/2 Stunden-Rhythmus im 'kognitiven Stil') eine Flut von Erhebungen zur sog. hemisphärenspezifischen Rhythmizität aus. Sie fanden 96 minütige Oszillationen in verbalen und visuellen Leistungen mit einer Gegenphasigkeit von 180°, welche sie als BRAC-Nachweis in der Hemisphärenaktivierung interpretierten.

Nicht alle nachfolgenden Arbeiten konnten diese Kopplung finden. Weder die Periodizität in den hemisphärenspezifischen Leistungsschwankungen stimmte überein, noch zeigte sich, im Gegensatz zu den Ergebnissen von Klein und Armitage, eine eindeutige Phasenbeziehung zwischen den beiden Aufgaben/Hemisphären (Gordon and Stoffer, 1989).

Weiteren Anlaß zur interpretativen Unsicherheit gaben geringe Stichprobenumfänge sowie statistische Schwächen.

Ein weiteres Ziel dieser Studie war deshalb eine ausreichende hohe Versuchspersonenzahl (102), sowie die Erfassung und Darstellung aller vorhandenen signifikanten Rhythmizitäten.

Forschergruppen, die bisher nach Erscheinungsformen des BRAC-Zyklus im Wachverhalten des Menschen suchten, haben verschiedenste solcher Zyklen mit einer Periodenlänge von ca. 90 min. beschrieben. Friedman und Fisher (1967) wiesen einen solchen Rhythmus für orales Verhalten nach. In den Arbeiten von Lavie und Lavie et.al. wurde über Rhythmen des spiralen Nacheffekts berichtet und in Kripke und Sonnenschein über Tagträume.

Einige Verhaltensweisen, die einen 90 Minuten Zyklus zeigen, ließen sich nicht mit anderen zyklischen Verhaltensweisen in Beziehung setzen. So berichtete Wada etwa als erster von einem 90-Minuten Rhythmus der Magenkontraktionen. Dieser läßt sich aber weder auf den Schlafstadienwechsel (REM-NREM) beziehen, noch auf die Tagtraumaktivität (Lavie et al., 1978; Hiatt et al., 1975). Kripke (1983) schloß daraus, daß ein Konzept 'multipler Schrittmacher' mit einer ähnlichen Frequenz in Erwägung gezogen werden muß.

- Aus diesem Grunde wurde hier zunächst versucht, einen ‘neutralen’ Indikator der Hemisphärendominanz zugrunde zu legen, um die Ergebnisse aus diesem mit verschiedenen kovariierenden Variablen parallel in deren Phasenzusammenhang zu dokumentieren.

Ein weiteres Problem stellt die notwendige Eigenschaft biologischer Rhythmen dar, durch externe Zeitgeber beeinflussbar zu sein. Was, solange die Zeitgeber nicht genügend differenziell detektiert, beschrieben und vom endogenen Schrittmacherverhalten abgegrenzt werden können, nur als erhebliche intra- und interindividuelle Varianz des

Phänomens bezeichnet werden kann, da zudem `Distraktoren` verschiedenster Art (Stress, starke Motivation und kontinuierliche, hohe Leistungsanforderungen etc.; Broughton, 1983) geeignet sind die ultradiane Phase zu maskieren (Kripke, 1983; Lavie, 1978).

- Da dies aufgrund der unbekanntem Einflußgröße der verschiedenen möglichen Zeitgeber in der Vergangenheit nicht zu realisieren war, wurden in der vorliegenden Arbeit die Verhaltensvariablen sowohl unter Laborbedingungen, als auch unter natürlichen Freilandbedingungen erfaßt.

Der Nachweis, daß Phänomene endogenen Ursprungs sind, verlangt in der Verhaltensforschung den Ausschluß aller äußeren Zeitgeber und rhythmischer Signale oder aber eine kulturvergleichende Untersuchung. Sollten in verschiedenen Kulturen, unter gänzlich unterschiedlichen Umwelteinflüssen, dieselben Rhythmizitäten auftreten, so darf von einem endogenen Ursprung gesprochen werden.

- Um das in bisherigen Arbeiten nur mangelhaft gelöste Problem des Zeitgeberausschlusses zu umgehen, wurden in Anlehnung an Paradigmen der Humanethologie, zum ersten Mal Leistungsschwankungen in hemisphärenspezifischen Wahrnehmungstest und kovariierender Variablen kulturvergleichend erhoben.

2.1. Beschreibung der Studien

Basierend auf dem bisherigen Kenntnisstand wurde theoriegeleitet ein komplexes Versuchsdesign erstellt.

Unter Annahme der ultradianen Aktivierung der cerebralen Hemisphären nach dem erweiterten BRAC-Modell - daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 80-120 Minuten, mit dem periodischen, gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht und damit einen zyklisch alternierenden Wahrnehmungsvorteil von linker und rechter Hand sowie linkem und rechtem Ohr hervorruft, sowie zyklische Änderungen in bestimmten Verhaltensweisen und in der subjektiven Befindlichkeitseinschätzung, ergeben sich die nachfolgenden Fragestellungen für die Experimentalgruppen.

Der taktile Diskriminationstest, den alle Personen über mindestens sieben Stunden zu absolvieren hatten, bildet den Hauptindikator der gesuchten Hemisphärendominanz über die Zeit. Da die Aufgabe selbst keinem Hemisphärenvorteil unterliegt und ferner von rechter und linker Hand (linke und rechte Hemisphäre) gleichwertig gelöst wird, da sie selbst nicht zur Aktivierung einer bestimmten Hemisphäre beiträgt und nicht hemisphärenspezifisch verarbeitet wird, ist sie geeignet die gesuchten, voneinander unabhängig generierten und dennoch gekoppelten Zyklen der Hemisphärendominanz abzubilden.

Zunächst wurde dieser Test in Studie I unter Laborbedingungen an Einzelpersonen vorgenommen. Es wurde darauf abgezielt, sämtliche externe Zeitgeber und Distraktoren zu entfernen, die geeignet sind individuelle Rhythmen der Versuchsperson (wie die Synchronisation an eine soziale Gruppe, Tagesplanung / Alltags-Aufgaben nach Uhrzeit, Nahrungsaufnahme und Lokomotion nach Uhrzeit) zu beeinflussen und zu verändern, mit Ausnahme des Tageslichtes. Auf dieser Grundlinie baut die nachfolgend komplexer werdende Versuchsanordnung auf.

In Studie II absolvieren die Versuchspersonen parallel zum taktilen Diskriminationstest eine verbale Aufgabe, das sog. dichotische Hören, das geeignet ist, die Leistungszyklen der linken und rechten Hemisphäre unter Verarbeitung verbalen Materials darzustellen. Gleichzeitig wird angenommen, daß dieser verbale Test eine linkshemisphärische Aktivierung zur Folge hat.

Unter Annahme der wechselseitigen Aktivierung der linken und rechten Hemisphäre sollten sowohl die Leistungszyklen im taktilen Test rechts und links schwanken, als auch die der lateralisierte Verarbeitung verbalen Materials.

Die Versuchspersonen waren zusätzlich bereit in viertelstündlichen Abständen anhand eines Befindlichkeitsfragebogens (SAM) Fluktuationen in ihrem emotionalen Befindenden zu dokumentieren, welche womöglich im Zusammenhang mit der schwankenden Hemisphärendominanz stehen. Ferner wurden die Nahrungsaufnahmezyklen der Versuchsperson protokolliert.

In Studie IV absolvieren die Versuchspersonen parallel zum taktilen Diskriminationstest eine räumliche Aufgabe, die Orientierung im begehbaren Freiraum, welche geeignet sein sollte, die Leistungszyklen der linken und rechten Hemisphäre unter Verarbeitung räumlichen Materials darzustellen. Es wird angenommen, daß dieser räumliche Test eine rechtshemisphärische Aktivierung zur Folge hat. Grundlinie für diese Aufgabe bildet Studie III, welche in den

Pausenphasen des taktilen Tests die Begehung einer festgelegten Lokomotionsstrecke im Freiland unter dem Einfluß natürlicher Distraktoren verlangt.

Die Versuchspersonen waren auch bei Studie IV bereit in viertelstündlichen Abständen anhand eines Befindlichkeitsfragebogens (SAM) Fluktuationen in ihrem emotionalen Befindenden zu dokumentieren, welche womöglich im Zusammenhang mit der schwankenden Hemisphärendominanz stehen. Ferner wurden sowohl die Nahrungsaufnahmezyklen der Versuchsperson, als auch das Lokomotion-Pauseverhalten notiert.

Am Ende des Versuchstages wurde die Versuchsperson angehalten eine repräsentative Karte des explorierten Freilandgebietes aus der Erinnerung wiederzugeben, und auch die aus dem Tagesverlauf erinnerbaren Kommunikationsinhalte darin einzutragen. Der Phasenverlauf der Erinnerungsleistung des räumlichen (rechte Hemisphäre) Materials, als auch der Phasenverlauf der Erinnerungsleistung des verbalen Materials (linke Hemisphäre) werden mit dem Phasenverlauf der Leistungszyklen der linken und rechten Hand verglichen.

Studie V schließlich hatte das Ziel ultradiane Rhythmen bei zwei unterschiedlichen Kulturgruppen mit verschiedenen Nahrungserwerbsstrategien zu untersuchen, die keinerlei künstliche Zeitgeber kennen und in ihrem Lebensrhythmus allein an den Hell-Dunkelwechsel der Jahreszeiten anpaßt sind.

2.1.1. Gesamtstichprobenbeschreibung und Experimentalplan

Die Gesamtstichprobe umfaßt 102 Probanden, 40 weibliche und 62 männliche, die jeweils über acht Stunden getestet wurden (mindestens aber sieben Std. in Asien) und sich nach folgenden Bedingungen den Gruppen zuordnen lassen:

* Studie I: *Labor* : n=16: Sechs weibl., zehn männl. Studentinnen und Studenten der Psychologie an der Universität Konstanz im Alter zwischen 22 und 63 Jahren (M 32.9, SD 13.8)

* Studie II: *Dichotisches Hören*: n=14: Sieben weibl., sieben männl. Studentinnen und Studenten der Psychologie an der Universität Konstanz im Alter zwischen 21 und 45 Jahren (M 26.6; SD 6.3)

* Studie III *Walking*: n=13: Sechs weibl., sieben männl. Studentinnen und Studenten der Psychologie an der Universität Konstanz im Alter zwischen 22 und 63 Jahren (M 30.5; SD: 12)

* Studie IV: *Orientierung*: n=10: Sechs weibl., vier männl. Studentinnen und Studenten der Psychologie an der Universität Konstanz im Alter zwischen 23 und 29 Jahren (M 26.3; SD 2.5)

* Studien V: - Studie V.1.: *Massai*: n=8 junge *Massai*-Krieger in Ost-Afrika im Alter zwischen zwölf und 25 Jahren (M 16.8; SD 4.03)

-Studie V.2.: *Akha*: n= 30, 15 weibl., 15 männl. Personen des *Akha*-Bergstammes in Nordthailand im Alter zwischen 15 und 40 (M 25.7; SD 6.9)

Gesamtstichprobe (n=102; 40 weibliche Vpn, 62 männliche Vpn)

	GRUPPEN	WAHRNEHMUNGS- EXPERIMENTE	BEFINDLICHKEIT	LOKOMOTION	ANDERE
Studie I	<i>Labor</i> (n=16)	Taktiler Test			
Studie II	<i>Dichotisches Hören</i> (n=14)	Taktiler Test Dich. Hören	SAM		
Studie III	<i>Walking</i> (n=13)	Taktiler Test		Lokomotion standardisiert	
Studie IV	<i>Orientierung</i> (n=10)	Taktiler Test	SAM	m/15 min.	Nahrungsaufnahme
Studie V	<i>Massai</i> (n=19)	Taktiler Test		m/15 min.	
	<i>Akha</i> (n=30)	Taktiler Test	SAM	m/15 min.	Nahrungsaufnahme

3) Hauptinstrument - Der taktile Diskriminationstest

3.1. Relevante Rezeptoren und Rezeptive Felder

Die haarlose Haut ist ein bemerkenswertes Diskriminationsorgan, dessen Empfindlichkeit an den Fingerspitzen am höchsten ist. Auf der Haut der Fingerkuppe der menschlichen Hand findet sich die größte Hautrezeptordichte: ca. 2500 pro Quadrat-Zentimeter. Von diesen sind 1500 Meissner-Korpuskel, 750 sind Merkel-Zellen und ca. 75 Pacinian- und Ruffini-Korpuskel.

Die beiden prinzipiellen Typen von Mechanorezeptoren in der Hautoberfläche sind schnell adaptierende Rezeptoren, Meissner-Korpuskel (Änderung eines Druckreizes), welche die zeitliche Information zur Analyse der taktilen Information beim explorativen Tasten beitragen und langsam adaptierende Rezeptoren, Merkel Rezeptoren (Druck), welche am besten die räumliche Charakteristik des Stimulus erfassen. Die Größe ihrer rezeptiven Felder beträgt im Durchschnitt nur 2-4 mm. Sie sind daher in der Lage räumliche Details in hoher Auflösung zu erfassen. Subkutan befinden sich weitere Mechanorezeptoren des Tastsinns: Die Pacini-Korpuskel als schnell adaptierende Rezeptoren und die Ruffini-Korpuskel (Druck und Dehnung) als langsam adaptierende Rezeptoren. Ihre rezeptiven Felder können sich über mehrere Zentimeter erstrecken. Die sog. 'Zweipunkt-Schwelle', der kleinstmögliche Abstand um zwei Reizpunkte noch voneinander als räumlich getrennt zu unterscheiden, beträgt für die Fingerkuppen durchschnittlich 2 Millimeter.

Phillips und Mitarbeiter (1988) untersuchten die neuronale Repräsentation der Oberflächenstruktur von Objekten, d.h. die Reizantworten einzelner afferenter Fasern und corticaler Neurone im Areal 3b und 1 während die Finger von wachen Affen mit Reliefbuchstaben stimuliert wurden, ähnlich den Musterkennungstests beim Menschen. Ein einzelner Buchstabe wurde wiederholt über die Haut an den Fingerkuppen der Affen gestreift, während die dadurch evozierten Aktionspotentiale in den einzelnen Rezeptoren sowie den corticalen Neuronen registriert wurden. Es zeigte sich, daß Merkel-Zellen und Meissner-Korpuskel ein getreues Abbild der Stimuli weiterleiten. Auf höheren Verarbeitungsebenen, im Areal 3b werden aufgrund der Hautprojektionen relativ scharf 'gezeichnete' Abbilder erstellt. Auf späteren Verarbeitungsebenen, etwa im Areal 1., scheinen die Abbilder eher abstrakt.

3.2. Somatosensorik und 'Active Touch'

"There is a very close interplay between sensory and motor regions in active touch"

Darian-Smith, 1985

'Active touch' wird seit langem als exzellenter Kanal für räumliche Oberflächeninformation betrachtet. Die sensorische Information des 'active touch', das aktive Be-Tasten von Oberflächen, ist abhängig von der Sinneswahrnehmung (den sensorischen Rezeptoren etc.), der motorischen Kontrolle und vom corticalen Arousal.

Das somatosensorische System ist neben der Propriozeption, der Nozizeption und dem Temperatursinn zuständig für diskriminatives Tasten und Berühren: Formerkennung, Größe und Maserung von Objekten und deren Bewegung über die Haut. Die neuronale Weiterleitung vom Rezeptor bis zum Gehirn erfolgt über zwei Reizleitungssysteme, d.h. zwei separate, aber parallele Pfade (Matlin, 1988): Das medial-lemniscale System (schnelle Reizleitung, hohe Auflösungsschärfe der Wahrnehmung von taktilen Reizen und der Propriozeption/Stellung des Armes) und das spinothalamische/ anterolaterale System (langsame Reizleitung, geringe Wahrnehmungsschärfe auf der Haut - nur marginal zuständig für taktile sensation; eigtl. für Temperatur und Schmerz zuständig). Obgleich beide Systeme ihre Information zum somatosensorischen Kortex weiterleiten, befördert die dorsale Reizleitung, das medial-lemniskale System, die Hauptinformation des Tastens.

Im Gegensatz zu passiven berührt werden, wobei sich die Erfahrung auf die Qualität der Sinnesempfindung auf der Haut zentriert, vollzieht sich das Tasten in eigenaktiver Auseinandersetzung mit der Umwelt. Die Erfahrung fokussiert dabei auf das berührte Objekt. Unter 'active touch' versteht man das, was üblicherweise mit 'Tasten' gemeint ist. Tasten bzw. 'active touch' ist nicht so sehr ein rezeptiver Vorgang als vielmehr ein exploratives Geschehen, d.h. die Variation in der Hautstimulation wird hervorgerufen durch die Variation in der eigenen motorischen Aktivität. Was wahrgenommen wird, hängt ab von der Fingerbewegung und dem Objekt, das erkundet wird. Analog dem 'okularen Scanning', dem

visuellen 'Abtasten' durch Augenbewegungen, um Gegenstände zu erfassen, kann diese Art des Tastens als 'taktiles Scanning' bezeichnet werden.

Der Tastsinn wurde lange Zeit nur als passiver oder rezeptiver Kanal untersucht, als Hautempfindung. Beim explorativen Tasten werden dagegen zwei Erfahrungen gleichzeitig verarbeitet: die kinästhetische Komponente der Eigenbewegung sowie die Sinnesempfindung zur Aufnahme der Information; im Gegensatz zu allen anderen Sinnen. Zum Aktiven Tasten gehört damit (Schiffman, 1982) das sensorische System, das motorische System und die Kinesthese (Information über Ort, Bewegung, räumliche Stellung des Fingers). Mechanorezeptoren für diese Information sind Pacini Korpuskel, die in den mobilen Gelenken des Skelettsystems liegen, ferner Ruffini-Endungen und Golgi-Organen, die im Bindegewebe der Gelenke liegen. Die Rezeptoren werden stimuliert durch Kontakt zwischen den Teilen der Gelenkoberfläche. Eine Winkeländerung ruft die Stimulation hervor. Diese Mechanorezeptoren sind auf eine Art subkutane Druckrezeptoren. Die andere Quelle der Kinesthese resultiert aus der Muskelinnervation, d.h. aus der Änderung der Spannung beim Strecken oder Anspannen der Muskeln. Bei 'active touch' modifiziert und steuert die Person nach erhaltenen sensorischen Informationen die Exploration über die Oberfläche. Bei sensorisch geleitetem aktivem Tasten konnte auf der Basis von Zellaufzeichnungen gezeigt werden, daß ein starkes Zusammenspiel sensorischer und motorischer Regionen erforderlich ist (O'Sullivan et al., 1994).

3.2.1. Bildet die Fehlerrate taktile Diskrimination hemisphärenspezifisch lateralisierte Vorgänge ab?

Die verschiedenen Argumente aus anatomischen und funktionellen Befunden weisen daraufhin, daß taktile Information in der kontralateral zur Tastseite gelegenen Hemisphäre verarbeitet wird. Überzeugende Nachweise für die überwiegend kontralaterale Verarbeitung taktile Information stammen aus der Forschung um deren Repräsentation im somatosensorischen Kortex: Funktionale, topographische Areale im Parietallappen und deren Veränderbarkeit durch sensorische und motorische Stimulation (Merzenich, 1990).

Im folgenden sollen einige Erkenntnisse zur somatosensorischen Verarbeitung dargestellt werden.

1) Die Verbindungen von distalen Teilen des Körpers kreuzen zur kontralateralen Hemisphäre.

Für das Ertasten von Blindenschriftzeichen wird räumlich-zeitlich taktiles Diskriminationsvermögen benötigt, das hauptsächlich durch die hochempfindliche taktile und propriozeptive Sensibilität des Hinterstrangsystems geleistet wird (nach Klinke, 1994). Projektionen, die vom Thalamus zum primären somatosensorischen Kortex (S-I) und zum sekundären somatosensorischen Kortex (S-II) weitergeleitet werden, steigen hauptsächlich vom ventralen posterioren Nucleus auf und führen Information, die auf Höhe der Medulla zur kontralateralen Seite wechseln mit sich. Zusätzlich zur Region S-I und S-II erhält auch der posteriore Parietal-Lappen als übergeordnete Region sensorische und motorische Information und verarbeitet diese integrativ. Erst auf corticaler Ebene (S-I) sind die Areale miteinander, mit dem Motorkortex und dem primären somatosensorischen Kortex der anderen Hemisphäre verschaltet (Iggo, 1973; Klinke und Silbernagl, 1994). Der Nachweis, wie taktile Information im Cortex lokalisiert ist, konnte 1941 erstmals am Affen über evozierte Potentiale über dem linken postzentralen Gyrus nach Stimulation der kontralateral rechten Hand erbracht werden (Marshall et al., 1941). 1954 reizten Penfield und Jaspers mit kleinen Elektroden am geöffneten Schädel im Bereich des präzentralen und postzentralen Gyrus. Durch diese elektrische Stimulation des Gewebes konnten auch sie in der kontralateral zur gereizten Hemisphäre gelegenen Hand taktile Empfindungen hervorrufen. Von diesen Erkenntnissen aus konnte eine Karte der neuralen Repräsentation des Körpers im somatosensorischen und motorischen Kortex erstellt werden (Brodman Areal 1 des postzentralen Gyrus). Später fand man, daß sowohl die Körperoberfläche, als auch tiefere Gewebeschichten in den Nuclei des Hinterstranges und im Thalamus repräsentiert sind. Sur (1995) und Wang et al. (1995) gehen davon aus, daß die topographische Repräsentation der taktilen Stimuli im primären somatosensorischen Kortex aus der Zeitinformation der Stimuli aufgebaut wird. Gemeinsam eintreffende Information etwa wird auch als räumlich nahe abgespeichert.

Experimentelle Studien zeigten die Funktionen der verschiedenen Brodman-Areale im Hinblick auf somatosensorische Sensibilität auf. Beim vollkommenen Entfernen von S-I (Brodman Areale 3b, 3a, 1 und 2) entstehen Defizite in der Positionswahrnehmung und der Fähigkeit Größe, Maserung und Form eines Objektes wahrzunehmen. (Schmerz und Temperaturwahrnehmung werden dadurch nicht ausgelöscht). Der gleiche Effekt zeigt sich beim Setzen kleiner Läsionen

in der korikalen Repräsentation der Hand im Brodman Areal 3b. Läsionen im Areal 1 ergeben einen Defekt in der Wahrnehmung von Oberflächenstruktur und Maserung von Objekten. Läsionen im Areal 2 dagegen verändern die Fähigkeit Größe und Form eines Objektes zu erkennen. Das Areal 3b erhält also als Hauptziel der afferenten Projektionen vom ventral posterioren lateralen Nucleus des Thalamus Informationen über Maserung, Größe und Form. Areal 3b projiziert in beide, Areal 1 und 2. Die Projektion ins Areal 1 trägt Information über die Oberflächenstruktur, während die Projektion ins Areal 2 Information über Größe und Form weiterleitet. Da S-II von allen Arealen des S-I Input erhält, verursacht das Entfernen von S-II schwere Beeinträchtigungen in der Diskriminationsfähigkeit von Form und Oberflächenstruktur und verhindert bei Affen das taktile Erlernen neuer Formen.

Wird der posteriore parietale Kortex zerstört entstehen komplexe Abnormalitäten in der Aufmerksamkeit für Sensorisches aus der kontralateralen Körperhälfte.

Gerade bei 'active touch' wurde schon früh herausgestellt, daß die kontralateralen Verbindungen dominieren, so daß Informationen über Stimuli an der rechten Hand zur linken Hemisphäre projiziert werden und umgekehrt (Gibson, 1962). Der Corticospinaltrakt (= Pyramidenbahn), der die Individualmotorik der Finger ermöglicht, läuft als direkte Verbindung des Motorkortex durch die Pyramide der Medulla oblongata. Mehr als 90% der Axone der corticospinalen Bahn kreuzen in der Medulla oblongata zur Gegenseite (Bei einer Läsion oberhalb der Pyramidenkreuzung tritt eine Lähmung der Körpergegensseite sein; unterhalb davon eine ipsilaterale). Die Durchtrennung der Pyramide führt zu Lähmungen im Bereich der distalen Extremitäten.

Um Oberflächenstruktur, Form und Bewegung wahrzunehmen muß das Nervensystem diverse Informationen von verschiedenen Mechanorezeptoren integrieren. Werner und Whitsel (1973) und Hyvärinen et al. (1978) konnten spezielle Zellen in der Handregion des somatosensorischen Kortex finden (in den Arealen 3a, 3b, 1 und 2), welche lebhaft auf Dreidimensionalität und Bewegung auf der Haut, d.h. im rezeptiven Feld, sowie bei Eigenbewegung der Hand zum Ertasten des Objektes (Areal 2 sendet somatosensorische Information der Körperoberfläche zum primären Motorkortex), reagieren. Warren nennt sie bewegungssensitive, richtungssensitive und orientierungssensitive Neuronen (Warren et al., 1986). Wird die neuronale Aktivität im Areal 2 gehemmt, so führt dies zur Unfähigkeit die Hand willentlich zu positionieren sowie die Finger zu koordinieren

2) Anstieg des cerebralen Blutflusses bei Stimulation der kontralateralen Hand.

Serien aufeinanderfolgender taktiler Stimuli, dargeboten am Zeigefinger, verursachen einen verstärkten fokalen (regionalen) cerebralen Blutfluß (rCBF) im primären somatosensorischen Areal, vorwiegend contralateral zur stimulierten Hand (Roland, P.E. and Larson, B. (1976); Roland, P.E. (1981). Halsey et al. (1979) konnten zeigen, daß sich der cerebrale Blutfluß (rCBF) in der motorischen Region der linken Hemisphäre erhöht beim Bewegen der rechten Hand; dagegen in der rechten Hemisphäre beim Bewegen der linken Hand.

Sadato et al. (1996) fanden einen ansteigenden cerebralen Blutfluß (rCBF) mit PET im Brodman Areal 6 und 7 während räumlicher Tastbewegungen beim Vergleichen abgespeicherter sensorischer Information mit der aktuellen. Dieses Ergebnis stimmt mit der Hypothese überein, daß diese Areale als Speicher für motorische Information im räumlichen Arbeitsgedächtnis dienen.

Extern motivierte ebenso wie intern generierte Fingerbewegungen ergaben in einer umfassenden neuen Studie von Weeks et al. (1996) eine rCBF-Erhöhung im kontralateralen sensomotorischen Kortex, kontralateralen prämotorischen Kortex und der kontralateralen SMA. Zusätzlich ergibt sich für intern motivierte Fingerbewegung, eine Aktivierung der kontralateralen anterioren SMA. Es ergaben sich dieselben kontralateralen Aktivitätsmuster in den motorischen Arealen, unabhängig davon ob bei externer Anweisung visuell, somatosensorisch oder akustisch intruiert wurde.

Wie schon beschrieben bedarf es exploratorischer Fingerbewegungen um Haut-Mechanorezeptoren optimal zu aktivieren, damit ausreichend Information zu erlangt werden kann. Unterschieden wird dabei zwischen microgeometrischen Oberflächenabweichungen von makrogeometrischen Formen (Größe, Form, Länge) als Teil der übergeordneten Wahrnehmungskategorie 'Maserung'. (Roland und Mortensen, 1987; Connor et al., 1990).

O'Sullivan et al. untersuchten 1994 in einer PET-Studie den regionalen cerebralen Blutfluß an zehn Versuchspersonen. Gemessen wurde die cerebrale Aktivierung während somatosensorischer Diskrimination unter Subtraktion der motorischen Komponente des (subtrahiert wurde die Aktivierung durch exploratorische Fingerbewegungen auf einer glatter Oberfläche ohne Maserung). Die Versuchspersonen strichen mit Zeige- und Mittelfinger vertikal über die Stimuli.

Sowohl die mikrogeometrische, als auch die makrogeometrische Aufgabe aktivierte corticale Felder im postzentralen Sulcus kontralateral zum tastenden Finger : „The anterior and posterior lips of the contralateral postcentral sulcus were significantly activated in both tasks“ (O’Sullivan et al., 1994, S.146). Die selektive Aufmerksamkeit für diese spezielle sensorische Modalität führte gleichzeitig zur Deaktivierung in anderen Regionen (Kawashima et al., 1993).

3) Weitere Belege für die kontralaterale Verarbeitung taktiler Stimuli

Einen weiteren Beleg für die kontralaterale Verarbeitung taktiler Stimuli erbrachten Birbaumer et al. (1990). Die Autoren brachten den Versuchspersonen die Selbststeuerung von elektro-corticaler Lateralität bei. Die Versuchspersonen lernten die langsamen corticalen Hirnpotentiale nach rechtem und linkem sensomotorischen Areal zu differenzieren. Bei Versuchspersonen welche die selbstinduzierte arealspezifische Negativierung erfolgreich lernten, zeigte sich eine Auswirkung auf die taktile Leistung der kontralateralen Hand: Verglichen mit der ipsilateralen Hand wurden kürzere Reaktionszeiten bei signifikant geringeren Fehlerhäufigkeiten gefunden.

Tarkka und Hallett (1991) schließlich evozierten motorische Potentiale durch willentliche Fingerbewegungen im Handareal kontralateral zum bewegten Zeigefinger. Auch Pascual-Leone und Torres (1993) untersuchten die Organisation des somatosensorischen Kortex in geübten Braille Lesern. Mit Hilfe von somatosensorisch evozierten Potentialen durch elektrische Stimulation der Fingerspitzen und mit transkranieller Magnetstimulation fanden sie eine signifikante Vergrößerung des Fingerareals kontralateral zum Lesefinger; nicht so im Fingerareal des Nicht-Lesefingers. Dabei zeigen sich grundsätzlich keine Unterschiede in der Sensorik, im Tasten und in der Zwei-Punkt Unterscheidungsschwelle zwischen dem Lesefinger und dem Nicht-Lesefinger und zwischen Braille Lesern und Nicht-Braille-Lesern. Die Ergebnisse beruhen also nicht auf Unterschieden im peripheren sensorischen System. Die Veränderung der corticalen Repräsentation kontralateral zum Lesefinger belegt die kontralaterale sensorische und motorische Verarbeitung der taktilen Stimuli auf der Fingerkuppe beim Abtasten von Blindenschriftzeichen.

Auch bei Affen wurde nachgewiesen, daß die sensomotorische Repräsentation der bevorzugten (dominanten) Hand stärker ausgestaltet ist als die nicht-dominante Hand (Nudo et al., 1992). Desweiteren konnten Jenkins et al. (1990) zeigen, daß starke Haut-Stimulation der Fingerspitzen unter bestimmten Bedingungen bei erwachsenen Affen zu einer Vergrößerung der somatosensorischen corticalen Repräsentation führt (Jenkins et al., 1990).

Auch Röder (1995) untersuchte Sehende und blinde Versuchspersonen in zwei Experimenten zur Somatosensorik. Im ersten Experiment (Oddball Paradigma) war u.a. eine somatosensorische Diskriminationsaufgabe zu bearbeiten. In einem zweiten Experiment mußten taktile, sinnfreie erhabene Punktmuster (ähnlich der Brailleschrift) haptisch erfaßt, mental transformiert und mit einem zweiten Punktmusterzeichen verglichen werden. Corticale Aktivierung wurde in beiden Experimenten über die Messung ereigniskorrelierter langsamer Hirnrindspotentiale im EEG operationalisiert. Im ersten Experiment wurden außerdem phasische Potentialkomponenten analysiert. Es zeigte sich im ersten Experiment während der somatosensorischen Reizverarbeitung, eine Asymmetrie langsamer negativer Potentiale zugunsten der kontralateral zur Darbietungsseite gelegenen Hemisphäre. Die negative Gleichspannungsveränderung war an den kontralateralen zentro-parietalen Ableitorten ausgeprägter (zwischen C3 und P3) als an den entsprechenden ipsilateralen Elektrodenpositionen. Die breite und ausgeprägte Verteilung der Potentialfelder legen die Annahme nahe, daß auch nicht-spezifische Generatoren in den frontalen bzw. fronto-parietalen Assoziationsarealen Potentialfelder erzeugen, die die spezifischen Generatoren überlagern und modulieren. Die kontralateral zur Darbietungsseite gefundene frontale Negativierung läßt, da die Versuchspersonen die Reize aktiv diskriminierten ('active touch'), auf die Involviertheit eines frontalen Aufmerksamkeitskontrollsystems schließen (vgl. Birbaumer und Schmidt, 1991; Deeke, Asenbaum und Lang, 1990). Dieses System soll immer dann aktiviert werden, wenn die Prozessierung externer Reize Aufmerksamkeit erfordert (Roland, 1982; Shallice, 1988). Während der Enkodierungsphase der Zeichen zeigt sich für Sehende ein fronto-zentral ausgeprägtes Aktivationsmuster der Potentialverteilung auf der kontralateralen Seite. Das Erfassen der kleinen taktilen Braille-Punkt-Zeichen erfordert ein hohes Maß an feinmotorischer Kontrolle. Da in Röders, wie in unserem Experiment nur der Zeigefinger bzw. der Mittelfinger bewegt werden durfte, mußten die Zeichen systematisch abgetastet und die Teile dann mental zu einer Gesamtgestalt zusammengesetzt werden. Die somatosensorischen phasischen Potentiale (somatosensorische N1) zeigen sich am deutlichsten kontralateral zur Reizdarbietungsseite (für die Reizdarbietung am rechten Zeigefinger damit an C3).

Insgesamt kann festgehalten werden, daß die Doktrin der ‘Kontralateralen Innervation’, d.h. daß sensorische und motorische Funktionen jeder Körperhälfte grundlegend von der kontralateralen cerebralen Hemisphäre gesteuert werden, genügend nachgewiesen ist, um unseren Versuchsaufbau zuzulassen. Die Fehlerrate taktiler Diskrimination eignet sich methodisch, um hemisphärenspezifisch lateralisierte Vorgänge abzubilden. Oszillierende Fehlerraten der taktilen Diskrimination würden das oszillierende Niveau corticaler Aktivierung der kontralateral zur Tasthand gelegenen Hemisphäre abbilden.

Die Zusammenfassung folgender Argumente läßt diese Interpretation zu:

- Dorsal - afferente Pathways von distalen Teilen des Körpers kreuzen zur kontralateralen Hemisphäre. Jede Hand ist exklusiv im primären Somatosensorischen Kortexareal einer Hemisphäre abgebildet. Dies legt nahe, daß sensorische Afferenzen einer Hand vorwiegend in der kontralateralen Hemisphäre verarbeitet werden. Das corticale Arousal dieser Hemisphäre moduliert die Fähigkeit der korrespondierenden Hand, taktile Reize zu diskriminieren.
- Exploratorische Fingerbewegungen - vertikales Streichen mit Zeige- und Mittelfinger über Brailleschriftzeichen - aktiviert corticale Felder im postzentralen Sulcus kontralateral zum tastenden Finger.
- Die Veränderung der corticalen Repräsentation kontralateral zum Lesefinger bei geübten Braille-Lesern belegt die kontralaterale sensorische und motorische Verarbeitung der taktilen Stimuli auf der Fingerkuppe beim Abtasten von Blindenschriftzeichen.
- Während somatosensorischer Verarbeitung von Braille-Schriftzeichen zeigt sich eine Asymmetrie langsamer negativer Potentiale zugunsten der kontralateral zur Darbietungsseite gelegenen Hemisphäre. Die negative Gleichspannungsveränderung ist an den kontralateralen zentro-parietalen Ableitorten ausgeprägter als an den entsprechenden ipsilateralen Elektrodenpositionen. Ferner zeigt sich bei ‘active touch’ eine kontralateral zur Darbietungsseite gefundene frontale Negativierung, die auf die Involviertheit eines frontalen Aufmerksamkeitskontrollsystems schließen läßt.

3.2.2. Tastvorteil der linken Hand für Braille-Muster?

Der blinde Franzose Louis Braille führte 1824 die Braille-Schriftzeichen ein. Braille ist ein Schreib- und Drucksystem bestehend aus taktil unterscheidbaren erhabenen Punktmustern, welche die Elemente einer Sprache oder graphische Symbole wiedergeben. Die einzelnen Braille-Zellen bestehen aus sechs gleichmäßig voneinander entfernten Positionen, auf denen Braille-Punkte angebracht sind.

Basierend auf den Theorien zur funktionalen Hemisphärenasymmetrie (s. Exkurs) ist die rechte cerebrale Hemisphäre für die Analyse und Verarbeitung räumlicher Stimuli der linken überlegen. Im Zusammenhang mit dem taktilen Erkennen von Braille-Konfigurationen und anderen taktilen Stimuli wurde nun wiederholt argumentiert, daß sich ein Tastvorteil für die linke Hand (rechte Hemisphäre) ergibt.

Bertini et al. (1983) fanden, wie schon andere Arbeiten (Benton et al., 1978; Witelson, 1974), bei wachen Versuchspersonen eine signifikante linkshändige Überlegenheit (rechtshemisphärische Überlegenheit) in der Verarbeitung räumlichen Materials. Hermelin und O’Connor (1971) fanden eine funktionelle Asymmetrie bei erwachsenen geübten Braille-Lesern, nämlich erwachsenen Blinden, die mit dem Mittelfinger in top-down Richtung lesen. Ihre Untersuchung ergab eine signifikante Überlegenheit der linken Hand in Geschwindigkeit und Genauigkeit. Die Autoren schreiben dieses Ergebnis der corticalen Asymmetrie zu.

Geschlechtsübergreifend und altersunabhängig werden nach Rudel et al. (1974, 1977) weniger Lesefehler mit der linken Hand bei numerischer Diskrimination, Orientation und Displacement von Braille-Stimuli gemacht. Auch Harriman und Castell (1979) fanden einen Linkshandvorteil bei naiven Versuchspersonen für 3-4-5-Punkt Muster. Young und Ellis (1979) untersuchten bei erwachsenen Rechtshändern, deren Augen verbunden waren, die Fähigkeit, numerische Stimuli mit dem Mittelfinger der linken oder rechten Hand zu erkennen. Dabei zeigte sich, daß die linke Hand schneller war im Lösen der Aufgabe (kein Geschlechtsunterschied), ohne dabei an Genauigkeit einzubüßen, was die Autoren als Funktion der rechtshemisphärischen Überlegenheit für komplexe, räumliche Stimuli interpretieren.

Benton et al. (1973) stellten eine Überlegenheit der rechten Hemisphäre für das Wiedererkennen der Richtung einer taktil präsentierten Linie fest. Auch Dodds (1978) konnte in der Tasterkennungsleistung von zwei zu vergleichenden Formen Hemisphärenunterschiede finden. Dabei spricht er von einer durchgehenden Bevorzugung der rechten Hemisphäre.

Beim Lesen von semantischen Braille-Inhalten kommt dagegen, wie in der Schriftsprache, den linkshemisphärischen Spracharealen große Bedeutung zu. Eine Studie, in welcher blinde Personen mit rechtshemisphärischen Läsionen untersucht wurden, haben gezeigt, daß in solchen Fällen die Fähigkeit des linkshändigen Braille-Lesens gestört ist. Die Probanden hatten aber keinerlei Probleme andere verbale, semantische Inhalte zu verarbeiten (Perrier, Belin und Larmande, 1988). Auch sehende Erwachsene zeigen beim haptischen Explorieren von römischen Schriftzeichen eine Rechtshandüberlegenheit (Hunt et al., 1989).

3.3. Der taktile Test - Methodik

Als Monitor für die zu untersuchenden lateralisierten Rhythmen entschieden wir uns für einen Langzeittest der taktilen Diskriminationsfähigkeit von linker und rechter Hand. Um die ultradianen Zyklen erstmals kulturübergreifend zu untersuchen, waren bestimmte Anforderungen an den Test zu stellen. Zunächst mußte der Test sprach- und kulturunabhängig sein. Desweiteren sollte er ohne Vorwissen absolvierbar sein und eine entsprechend einfache Aufgabe ohne höhere kognitive Anforderungen stellen. Um ihn über mehrere Stunden Meßzeit einsetzen zu können, sollte er beliebig oft anwendbar sein. Und schließlich mußte der Test geeignet sein, in Kulturen ohne Strom und damit ohne technische Apparaturen zu funktionieren.

3.3.1 Die Tast-Karten

Wir entschieden uns für ein Testverfahren, welches die taktile Diskriminationsfähigkeit der rechten und linken Hand zur Grundlage hat. Als taktile Reize dienten einfache, für naive Versuchspersonen sinnfreie (ohne semantische Bedeutung) Punktmuster der Braille'schen Blindenschrift. Die Blindenschriftdruckerei Marburg stanzte die Punktkombinationen nach Vorlage in Zinkplatten, die nun je 18 identische Paarlinge¹⁶ mit den Braille'schen Schriftpunktvorgaben (Grundform= 0.4 x 0.8 cm Zelle mit sechs Punkten besetzt), in randomisierter Abfolge aufwies (Durchmesser = 1.2-2.1 mm; Höhe = 0.5-1 mm), und zwar in einer für deutsche Probanden mittleren Schwierigkeit (1.8 mm : 0.8 mm). Nachfolgende Abbildung zeigt die Mustervorlage einer solchen Testkarte.

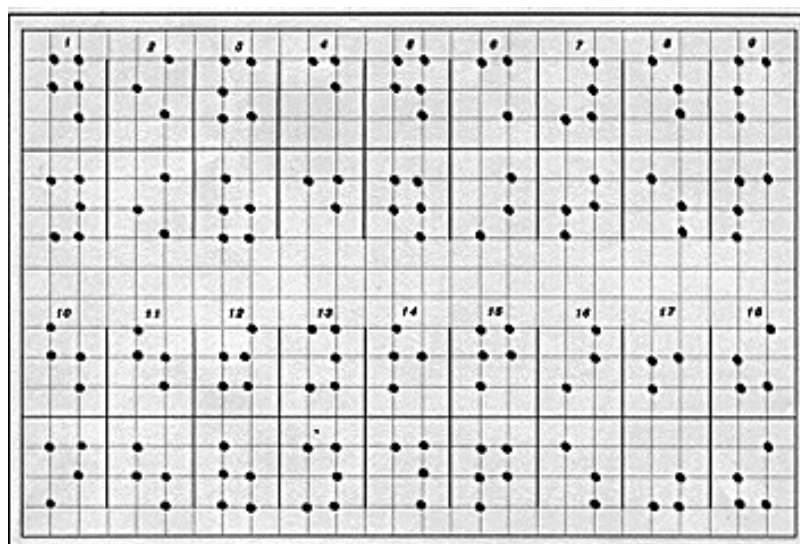


Abb. 1 Mustervorlage einer Testkarte

Insgesamt wurden für die geplante Langzeittestung acht Tastkarten erstellt. Jede Karte besteht aus denselben 18 Punktmuster-Paarlinge-Items in vertikaler Anordnung, um nicht mit der Leserichtung (von links nach rechts) zu interferieren. Die Abfolge der 18 Paarlinge erfolgt für jede Karte quasi-randomisiert, nämlich innerhalb der Vorgabe, daß niemals mehr als 2 aufeinanderfolgende 'gleich' bzw. 'verschieden'-Paarlinge auftreten um Summationseffekte zu vermeiden.

¹⁶ Innerhalb einer Braille-Zelle, bestehend aus sechs Punkt-Positionen sind 63 verschiedene Konfigurationen möglich.

Da gleiche Paarlinge leichter als solche zu erkennen sind und öfter richtig bewertet werden (Rudel et al., 1977; s.o.), wurde darauf geachtet, daß jede Karte gleich viele 'gleich' wie 'verschieden' Paare aufweist. Tatsächlich enthält jede Karte neun gleiche und neun verschiedene Paarlinge, nämlich 3 identische 3-Punkt muster-Paarlinge, 3 voneinander unterschiedliche 3-Punkt muster-Paarlinge, 3 identische 4-Punkt muster-Paarlinge, 3 voneinander unterschiedliche 4-Punkt muster-Paarlinge, 3 identische 5-Punkt muster-Paarlinge, 3 voneinander unterschiedliche 5-Punkt muster-Paarlinge. Die Abfolge der Karten wurde für die Durchgänge 1-4, 9-12, 17-20, 25-28 so gewählt, daß während eines Meßzeitpunktes niemals beide Hände dieselbe Karte zu tasten bekommen. Die ersten vier Stunden (Meßzeitpunkt 1-16) werden in den folgenden vier Stunden in der Kartenabfolge genau wiederholt, nur daß die Karten im zweiten Teil 180 gedreht zum Tasten gereicht werden.

Jede Hand tastet jede Karte insgesamt viermal ab. Daraus ergeben sich 32 Durchgänge, d.h. jede Karte tritt 8x auf. Mit anderen Worten Jede Karte tritt stündlich nur 1x auf. Bei den Durchgängen 5-8, 13-16, 21-24, 29-32 wiederholen sich die je vorausgegangenen Abfolgen mit vertauschten Händen.

3.3.2. Karteninstruktion

Der Versuchsperson wurden im zeitlichen Abstand von 15 Minuten nacheinander je zwei der acht Testkarten ausgehändigt: eine Karte für die rechte, eine andere für die linke Hand. Eine Versuchsperson hatte, ohne auf die Testkarte zu sehen, die Musterpaare nacheinander mit der Kuppe des rechten bzw. linken Mittelfingers, wobei die Augen geöffnet blieben, zu überstreichen und zu entscheiden, ob sich die Punktmuster eines Paares als gleich oder verschieden anfühlten. Geachtet wurde ferner darauf, daß die Versuchsperson beim lateralisierten tasten den 'Hemisphere' einhielt, also die Karte während des Tastens mit einer Hand so hielt, daß die Körpermitte nicht überschritten wurde. Die Versuchsperson wurde instruiert ihr Tastergebnis mündlich mitzuteilen. Damit gilt für die deutschen Gruppe: 'Gleich', 'identisch' versus 'verschieden', 'ungleich', 'unterschiedlich' u.s.w., für die *Akha*-Gruppe: 'tiko' versus 'matiko' oder 'mako'. Die afrikanische Gruppe teilte ihr Diskriminationsergebnis in englisch mit: 'same' und 'different'. Der Versuchleiter notierte diese Entscheidungen simultan zur Versuchsdurchführung in einem Protokollblatt.

Beide Tests nacheinander zu beenden, bedurfte es etwa fünf Minuten. Da dieses Intervall klein ist gegenüber dem Sample-Intervall von 15 Minuten wurden die Tests für die rechte und linke Hand als gleichzeitig gewertet. Beendete die Versuchsperson die vorangegangene Testung mit der linken Hand, so wurde in der folgenden Testeinheit zuerst die rechtshändig abzutastende Karte gereicht und vice versa.

3.3.3. Datenerhebung und Datenauswertung

3.3.3.1 Rohdatenaufbereitung

Alle Auswertungsschritte bezogen sich beim taktilen Diskriminationstest auf die Anzahl der Richtignennungen und beim dichotischen Hörtest auf die Anzahl korrekter Erstnennungen. Für das Vorhandensein einer korrekten Erstnennung mußte jedes Wortpaar vollständig und richtig benannt werden; da bei unvollständiger Wiedergabe eines Paarlings nicht eindeutig entschieden werden kann, ob die beabsichtigte bilaterale Projektion des Reizmaterials stattgefunden hatte.

Der intervallskalierte, bipolare Befindlichkeitsfragebogen wurde mit 1-5 bewertet, als Maß für niedriges (1) bzw hohes (5) Wohlbefinden, Selbstsicherheit, Erregtheit.

Bei der Dimension 'Lokomotion' wurde als Maßeinheit Meter/15 Min gewählt. Alle anderen Verhaltensvariablen wurden 0 - 1 kodiert, mit '0' = Verhalten wird pro 15 Minuten nicht gezeigt und '1' = Verhalten wird pro 15 Minuten gezeigt. Alle Maße wurden in 15 minütigen Intervallen protokolliert. Die gesamten Zeitreihen ergaben über acht Stunden Meßzeit und somit 32 Einzelwerte (Rohwerte).

3.3.3.2. Mathematische Periodikanalyse

3.3.3.2.1. Filterung

Um unsystematisches hochfrequentes Datenrauschen teilweise zu unterdrücken, wurde eine Tiefpaßfilterung vorgenommen. Die Fenstergröße des Filters wurde dazu auf insgesamt 5 Werte festgelegt. Die Gewichtungen der einzelnen Beobachtungen innerhalb des Fensters gingen so in die gleitende Mittelung ein, daß die Randwerte ein statistisches Gewicht von 0.5 und die restlichen Fensterwerte ein statistisches Gewicht von 1 bekamen.

Alle erhaltenen Rohwertzeitreihen der verschiedenen Testungen wurden einer gewichteten gleitenden Mittelung nach folgender Gleichung unterzogen: **Gleichung 1: Filter 1**

$$X = \frac{0 \cdot x_{i-2} + x_{i-1} + x_i + x_{i+1} + 0 \cdot x_{i+2}}{4}$$

Nachfolgende Abbildung zeigt beispielhaft eine Zeitreihe taktile Diskriminationsleistung der linken Hand über 32 Messungen, wobei vorne und hinten an die Zeitreihe jeweils acht der Mittelwerte aus der gesamten Meßzeit mit dargestellt wurden dünne Linie = Rohwerte, dicke Linie = Rohwerte geglättet mit Filter 1

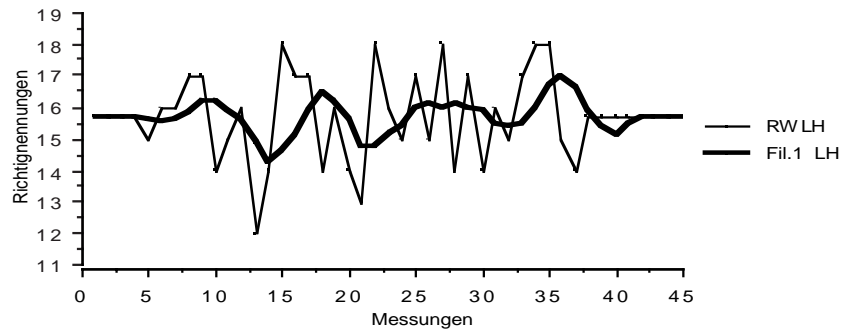


Abb. 2 Die Graphik zeigt in einem Intervall vor und nach der Zeitreihe den jeweiligen Fehlermittelwert des Probanden. Es wurden die Fehlerrohwerte auf der Ordinate und Meßzeitpunkte auf der Abszisse abgetragen. Bedingt durch das Sample-Intervall von 15 Minuten sind die Rohdaten mit einem hochfrequenten Abtastrauschen behaftet. Eine gleitende Mittelung der Rohdaten filtert dieses Datenrauschen, wobei die originalen Zeitreihen der links- bzw. rechtshändigen Anzahl an Richtignennungen über die Zeit geglättet werden.

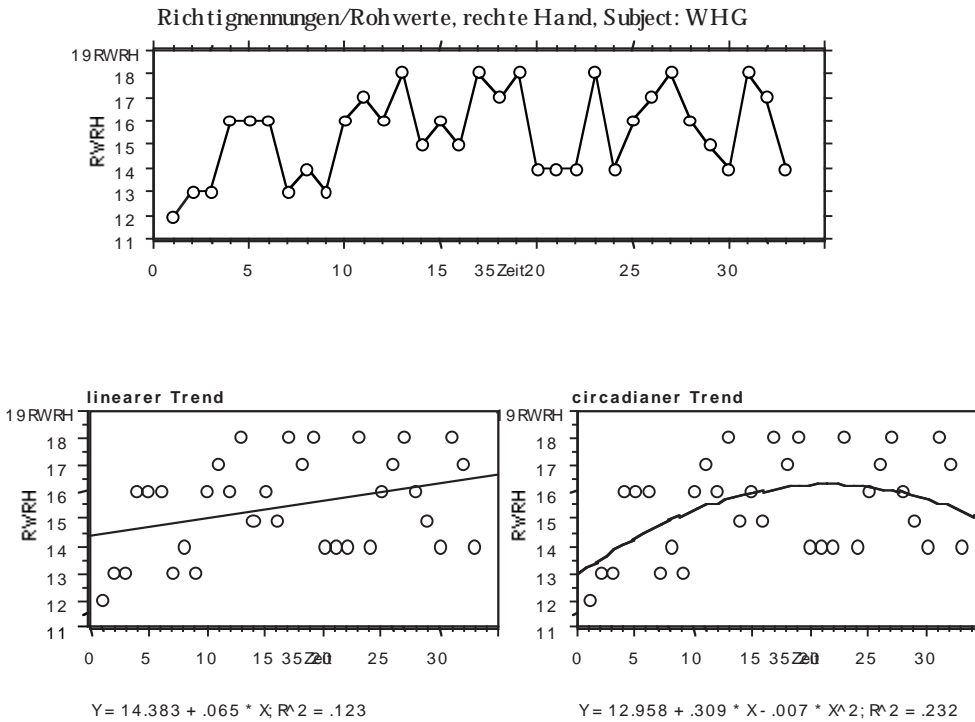
3.3.3.2.2. Trendbereinigung

Bevor wir die Zeitreihen zu einer weiteren Periodikanalyse heranziehen konnten, wurden diejenigen Phasenverläufe, welche signifikante lineare und quadratische Veränderungen über die Zeit aufwiesen, einer Bereinigung dieser Trends unterzogen.

Neben der Möglichkeit, daß die diskriminatorische Leistung sich über die Testzeit von acht Stunden aufgrund eines Übungs- oder Erfahrungseffektes kontinuierlich verbessern könnte oder aber aus Desinteresse oder Langeweile sich womöglich verschlechtert (beides lineare Veränderungen), wurde der denkbare Einfluß einer niederfrequenten tageszeitlichen Schwingung auf die Testung überprüft (quadratische Trendveränderungen). Diese langsam ansteigenden und sinkenden Niveauveränderungen könnten auf eine circadiane Komponente hinweisen. Wie nachfolgend zu zeigen sein wird, fluktuieren die ultradianen Rhythmen nicht um eine (individuell) stabile Grundlinie sondern 'sitzen' bei zahlreichen der Leistungs- und Befindlichkeits-Zeitreihen auf einer quadratischen Niveauveränderung, welche im Folgenden als circadiane Halbphase oder circadianer Trend bezeichnet werden soll, auch wenn die tatsächlich zugrundeliegende Circadianrhythmik aufgrund der kurzen Meßzeit nicht vollständig erfaßt werden konnte.

Nachfolgende Abbildung 3 stellt ein Beispiel für eine Rohwertzeitreihe mit linearem und quadratischem Trend dar.

Zunächst wird der Verlauf einer rechtshändigen Rohwertzeitreihe taktile Diskrimination dargestellt. Darunter werden der lineare und quadratische Trend veranschaulicht und schließlich sind die Ergebnisse der Trendbereinigung angegeben.



Regression Coefficients
RWRH vs. NR

	Coefficient	Std. Error	Std. Coeff.	t-Value	P-Value
Intercept	12.958	.899	12.958	14.419	<.0001
NR	.309	.122	1.672	2.536	.0166
NR^2	-.007	.003	-1.362	-2.066	.0476

Regression Summary
RWRH vs. NR

Count	33	ANOVA Table					
Num. Missing	12	RWRH vs. NR					
R	.482		DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
R Squared	.232	Regression	2	23.747	11.873	4.538	.0190
Adjusted R Squared	.181	Residual	30	78.496	2.617		
RMS Residual	1.618	Total	32	102.242			

Abb. 3

3.3.3.2.3. Auto- und Kreuzkorrelationsanalyse

Nach der Eliminierung des hochfrequenten Datenrauschens wurden die Zeitreihen (ohne Mittelwerte) einer Autokorrelation (ACF) unterzogen. Dieses Analyseverfahren hebt periodische Anteile von Zeitreihen gegenüber unsystematischen Veränderungen hervor. Das mathematische Verfahren stellt eine Analyse im Zeitbereich dar und kann folgendermaßen verstanden werden:

Eine identische Kopie - im Falle der Autokorrelation - der vorliegenden Zeitfunktion wird erstellt, die schrittweise um ein Verschiebungsintervall T, welches in der vorliegenden Arbeit einem Abtastintervall von 15 Minuten entspricht, entlang der Zeitachse nach rechts verschoben wird. Im Falle eine Kreuzkorrelation wird eine zweite Variable schrittweise mit der zu vergleichenden lagversetzt korreliert. Das Verfahren der Kreuzkorrelation wurde benutzt, um den Phasenzusammenhang zweier Verhaltensvariablen zu bestimmen, und ferner, um die Interhemisphärische 'Shift-Hypothese' zu überprüfen.

Im Fall einer idealtypischen periodischen Funktion (z.B. eine Sinuskurve) nimmt mit wachsender Verschiebung T die zum Zeitpunkt T_0 bestehende komplette Überlappung, die einem Korrelationskoeffizienten von $+1$ entspricht, kontinuierlich ab. Im weiteren Verlauf der Verschiebungsintervalle T erreichen die beiden Kurven eine um 180° verschobene Phasenbeziehung zueinander (Gegenphasigkeit), die einem Korrelationskoeffizienten von -1 entspricht.

Danach nimmt der Korrelationskoeffizient wiederum einen relativen Wert um $+1$ an, da sich die korrespondierenden Maxima und Minima von Original und Kopie erneut einer kompletten Überlappung annähern. Der Korrelationskoeffizient nimmt mit steigendem Verschiebungsintervall T sukzessiv ab, da die Zahl der sich überlappenden Werte immer geringer wird, bis am Ende der Verschiebung beide Kurven ohne Überlappung hintereinander zu liegen kommen und die ACF einen stationären Wert von 0 annimmt.

Somit stellt der Korrelationskoeffizient ein Maß für den Grad der Übereinstimmung von Kopie und Original der Zeitfunktion dar. Die einzelnen Koeffizienten werden als Funktion des Verschiebungsintervalles T abgetragen. Sind in einer Zeitreihe überwiegend periodische Anteile enthalten, so ergibt sich ebenfalls eine periodische verlaufende ACF, die der Periodizität in den Daten entspricht.

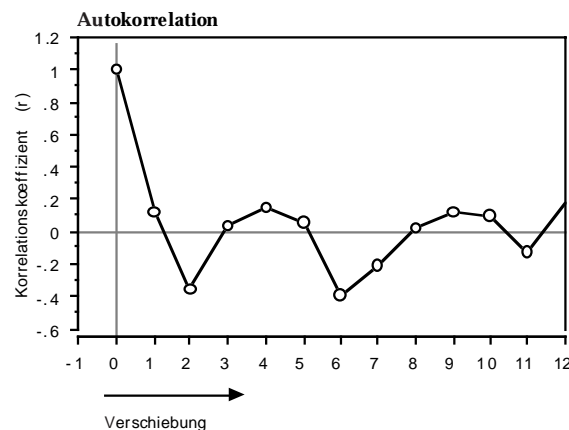


Abb. 4 Beispiel der Autokorrelation einer Zeitreihe 'taktile Diskriminationsleistung' einer Hand

Die Rohdaten der Richtignennungen einer Versuchsperson können getrennt nach linker und rechter Hand als Funktion der Tageszeit aufgetragen werden. Durch die gleitende Mittelung der Rohdaten werden die originalen Zeitreihen der links- bzw. rechtshändig gemachten Diskriminationsfehler wieder geglättet.

In geglätteter Form lassen die Zeitreihen Fluktuationen von periodisch erscheinendem Verlauf erkennen. Werden die geglätteten Zeitreihen der linken und rechten Hand in ein und dasselbe Diagramm geplottet, zeigt sich, in welchem Verhältnis diese lateralisierten Ultradianzyklen zueinander stehen. Im vorliegenden Beispiel oszillieren die Richtignennungen der linken und rechten Hand überwiegend gegenphasig, wie auch die Lateralisierung zeigt. Bei Personen mit alternierendem Hand(Hemisphären-)vorteil in der Tastleistung schwingt der Lateralisierungsindex periodisch wechselnd von negativ zu positiv.

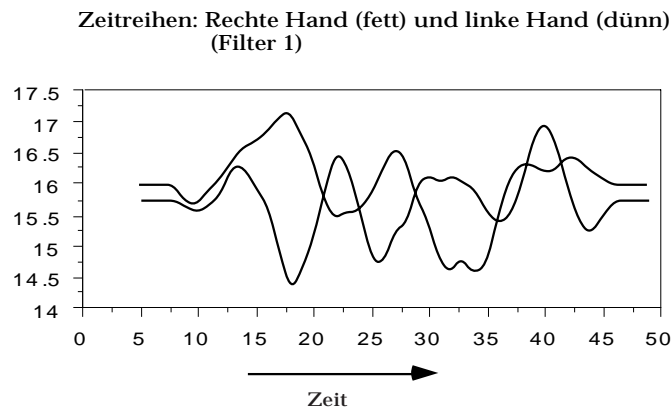


Abb. 5 Beispiel einer Versuchsperson mit wechselndem Handvorteil (Richtignennungen) über die Zeit (Filter 1)

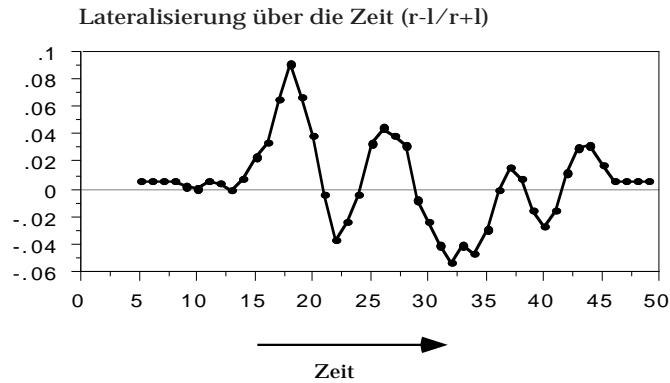


Abb. 6 Abbildung der von positiv (rechtshändige Überlegenheit) nach negativ (linkshändige Überlegenheit) schwingenden Lateralisierung.

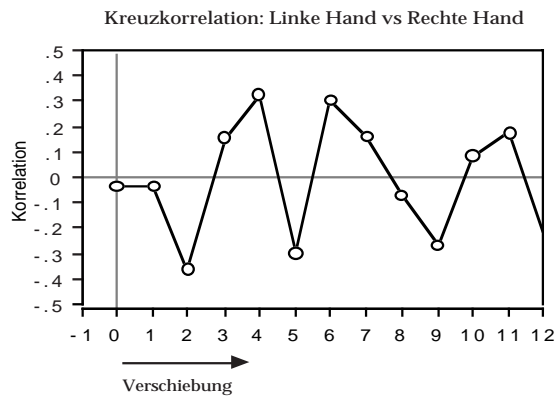


Abb. 7 Zeitreihen der Hände derselben Versuchsperson, die je um einen Zeitpunkt verschoben kreuzkorreliert wurden.

Die statistische Absicherung der Daten gegen Zufallsprozesse kann zusätzlich zum optischen Kriterium durch statistische Tests erreicht werden. Die durch die Filterung (Filter 1) gewonnenen Zeitreihen wurden mittels einer sog. 'autoregressive integrated moving average'-Prozedur analysiert (Box and Jenkins, 1970), welche die Zeitreihenpunkte in Abhängigkeit voneinander betrachtet. Im ersten Schritt wurden die Zeitreihenverläufe wie beschrieben über Auto- und Kreuzkorrelationen in ihrem Verlauf 'identifiziert'. Diese Verlaufsmodelle wurden dann anhand eines 'White-Noise'-Tests gegen Zufälligkeit abgesichert. Der White-Noise-Test ist ein approximatives statistisches Verfahren der Hypothese, daß keiner der korrelierten Werte der Serie signifikant verschieden von 0 ist; d.h., wenn die Stichprobe einem Zufallsprozeß entnommen wurde, sollten die Autokorrelationskoeffizienten 0 sein, außer bei Lag 0. Bei Zeitreihen, die eine statistische Signifikanz von mindestens $p < .1$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $< 10\%$) in nicht beliebig wiederkehrenden Lagabschnitten zeigten, konnte die Hypothese, die auto-/kreuzkorrelierte Zeitreihe würde über das angepaßte Modell hinaus noch Information enthalten (check for white noise residuals), verworfen, die Schwankungen als 'periodisch' akzeptiert und damit gegen unsystematisch fluktuierende Verläufe abgesichert werden. Auto-/kreuzkorrelierte Zeitreihenverläufe, die aufgrund ihrer fluktuativen Nichtvorhersagbarkeit den Residual-Test nicht bestanden und damit keine systematischen Phasenverläufe zeigten, wurden als solche gekennzeichnet.

3.3.3.2.4. Wellenfelder und Prüfverfahren

Um die lateralisierten Oszillationen visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der einzelnen Versuchspersonen entsprechend der Länge ihres ersten Spitze-zu-Spitze Intervalles untereinander angeordnet und auf das erste deutliche Maximum synchronisiert. Die Graphiken der Abbildung vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als hätten die Oszillationen ihr erstes Maximum der Fehlerrate zur selben Zeit erreicht. Verbindet man das erste, zweite, dritte und vierte Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie, hebt sich der oszillatorische Vorgang graphisch als "Wellenfeld" hervor. Aufsteigende Flanken sind dunkel gefärbt, absteigende hell.

Da die einzelnen Stichprobengrößen der Studien variieren, wurde ein parameterfreies Verfahren gewählt. Da es sich bei den Probanden der Experimentalgruppe um unterschiedliche Personen handelt und keine Person zweimal getestet wurde, wurde zur Überprüfung signifikanter Unterschiede der Varianzen der Periodenintervalle der Rang-Summen-Test von Wilcoxon herangezogen. Den statistischen Prüfverfahren wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < .05$ zugrunde gelegt.

Um den Verlauf zweier Zeitreihen im Hinblick auf ihre Gleichphasigkeit zu vergleichen wurden die Rohwertzeitreihen nach der Filterung (Filter 1) Korrelations- oder Regressionsanalysen unterzogen. Auch hier wurde den statistischen Prüfverfahren eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < .05$ zugrundegelegt.

4) Studie I: Taktile Diskriminationstest unter Laborbedingungen

In der Laboruntersuchung wollten wir herausfinden, ob sich anhand eines neuen taktilen Diskriminationstests lateralisierte Ultradianrhythmen für die perzeptive Leistungsfähigkeit rechts- und linksseitig distal finden lassen. Der vorliegende Abschnitt beschäftigt sich mit der Frage, wie sich die Leistung im perzeptiven taktilen Test unter dem Einfluß der angenommenen cerebralen lateralisierten Ultradianzyklen während einer 8-stündigen Testung in distraktorarmer, halbisolierter Laborumgebung ausprägt.

Diese Studie dient gleichzeitig als Kontrollgruppe für das nachfolgend komplexer werdende Experimentaldesign.

4.1. Hypothesen

Unter Annahme der ultradianen Aktivierung der cerebralen Hemisphären nach dem erweiterten BRAC-Modell, nämlich daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 80-120 Minuten mit dem periodischen gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht und damit einen zyklisch alternierenden Wahrnehmungsvorteil der linken und rechten Körperseite hervorruft, lautet die Fragestellung für diese Experimentalgruppe wie folgt:

Kann der von der BRAC-Hypothese postulierte Hemisphärenwechsel im ultradianen Zeitbereich anhand eines neuen, taktilen Wahrnehmungsexperimentes zur funktionalen Hemisphärenasymmetrie unter einfachen Laborbedingungen gestützt werden? Wie verhalten sich ferner die Phasenbeziehungen zwischen den Ergebnissen der Variablen 'rechte' (linke Hemisphäre) und 'linke Hand' (rechte Hemisphäre)?

Die Haupthypothese postuliert, daß die von der BRAC-Hypothese aufgestellte Annahme einer perzeptiven, lateralisierten Leistungsvariation im ultradianen Zeitbereich mit der taktilen Methode bestätigt werden kann, sowie die Anzahl der Richtignennungen der rechten gegenüber der linken Hand präsentierten taktilen Stimuli zyklisch alterniert, d.h., daß sich die Leistungsmaxima 'rechts' gegen 'links' phasenverschoben zeigen und sich der Wechsel dieses Wahrnehmungsvorteils im 80-120 Minuten-Zyklus vollzieht.

4.2. Versuchsplan und Datenerhebung

Die Datenerhebung anhand des taktilen Diskriminationstests an studentischen Probanden im Labor erfolgte im Frühjahr und Sommer 1993.

4.2.1. Fragebogen und Instruktion

Zunächst füllten die Probanden im Labor Fragebögen zu persönlichen Daten, zur Muttersprache und zur Händigkeit aus. Die laterale Präferenz wurde basierend auf dem erweiterten Selbsteinschätzungsfragebogen nach Coren et al. (1979) und dem Edinburgh Händigkeitsinventar nach Oldfield (1971) erhoben. Mit Hilfe dieses Verfahrens wurde nicht nur die Seitenpräferenz von Hand, Fuß, Auge und Ohr der Versuchsperson erfragt, sondern auch die Händigkeit der Verwandten ersten Grades erfaßt.

14 an dieser Studie teilnehmende Versuchspersonen hatten ausschließlich rechtshändige Verwandte ersten Grades. Zwei Versuchspersonen dieser Gruppe hatten einen linkshändigen Verwandten ersten Grades.

Die Probanden, für die sich zu über 70% eine Präferenz der rechten Seite ergab, wurden als rechtshändig bezeichnet. Nach diesem Kriterium konnten 15 an der Studie beteiligten Probanden als Rechtshänder klassifiziert werden. Die Seitenpräferenz dieser Gruppe variiert zwischen 75% und 100% 'rechts'. Im Mittel weist diese Gruppe eine Seitenpräferenz von 88% 'rechts' auf. Eine Person mußte als 'beidhändig' klassifiziert werden.

Nach dem Ausfüllen der Fragebögen wurde den Versuchspersonen der bevorstehende Experimentaltag erklärt. Die Instruktion erfolgte mündlich.

Den Teilnehmern wurde ferner gesagt, daß die Versuchsleiterin den ganzen Tag über im Labor bei ihnen sein würde. Den Probanden wurde erlaubt, ganz nach ihren sonstigen Gewohnheiten zu essen, trinken und (in den Pausen außerhalb der Laborräume) zu rauchen, sofern dies den zeitlichen Ablauf des Experimente nicht beeinträchtigte. Die Versuchsleiterin würde ihnen 4x pro Stunde Blindenschriftkarten zum rechts und linkshändigen Abtasten der darauf eingestanzten Muster reichen.

4.2.2. Versuchspersonen

Die Stichprobe der Gruppe *Labor* umfaßte 16 Versuchspersonen. Sechs weibliche und zehn männliche Studentinnen und Studenten der Psychologie an der Universität Konstanz im Alter zwischen 22 und 63 Jahren. (Mittelwert= 32.9; SD= 13.8).

Keine der Versuchspersonen wußte um das theoretische Konzept der Studie oder hatte Informationen über Hypothesen bezüglich der Experimente. Während der Versuchsdurchführung erhielten die Teilnehmer keinerlei Rückmeldungen über ihre Antworten.

Alle Probanden fühlten sich zum Zeitpunkt der Erhebung gesund und nahmen keine (versuchsrelevanten) Medikamente. Am Untersuchungstag herrschte ein striktes Alkoholverbot.

Den Probanden wurden für die Teilnahme am Experiment studiumsrelevante Versuchspersonenstunden gutgeschrieben.

4.2.3. Versuchsablauf

Der Experimentaltag begann für die Versuchsperson, nachdem sie mit dem Stimulusmaterial vertraut war, mit einem ersten Tastdurchgang. Die Versuchspersonen hielten sich über acht Stunden jeweils während des Durchgangs in einem ruhigen Laborraum auf. Alle 15 Minuten wurde den Personen zwei Tastkarten zum Abtasten gereicht. Am Beginn jeder folgenden Testeinheit absolvierte die Versuchsperson den taktilen Test nacheinander mit beiden Händen in einem selbstgewählten Zeitraum, der sich je nach Bedarf auf ca. vier bis sieben Minuten erstreckte, um beide Karten abzutasten. In der verbleibenden Zeit während der Versuche stand es der Versuchsperson frei, herumzulaufen, zu essen und zu trinken etc. Um Langeweile zu vermeiden, war es der Versuchsperson erlaubt, Gespräche zu führen, sie wurde aber dazu angehalten nicht zu lesen.

4.3. Methoden und Datenauswertung

Taktile Test

(Vgl. Kapitel 3.3.: Der taktile Test und Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung)

4.4. Ergebnisse

4.4.1. Lateralisierungsindizes

Tabelle 1: Lateralisierungsindizes für die Mittelwerte aus 8-Stunden taktilem Diskriminationstest in Prozentwerten

	Vpn	r/r+1*100 = % Richtignennungen	l/r+1*100 = % Richtignennungen	%LI=r-l/r+1*100	
1	fem	BMAG f	50.265	49.735	0.5301
2	fem	LCLA f	50.948	49.052	1.896
3	fem	LJUL f	49.846	50.154	-0.307
4	fem	LLIS f	49.468	50.532	-1.065
5	fem	LMAG f	50.929	49.071	1.858
6	fem	LSAB f	50.283	49.717	0.566
7	male	BJOE	48.634	51.366	-2.732
8	male	BHEI	49.033	50.968	-1.935
9	male	LALF	48.987	51.013	-2.026
10	male	LAND	50.489	49.511	0.978
11	male	LARO	48.283	51.717	-3.433
12	male	LFIL	49.298	50.702	-1.404
13	male	LHEI	48.132	51.868	-3.735
14	male	LOMO	50.515	49.485	1.030
15	male	LRAL	49.236	50.764	-1.528
16	male	LUDA	50.221	49.780	0.441
		Gesamt	49.660	50.340	-0.679

Für die sechs Frauen ergibt sich im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel ein leichter Rechtshandvorteil: Mittelwert= 0.580% (1.17 SD). Dagegen ergibt sich für die zehn Männer im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel ein leichter Linkshandvorteil: Mittelwert -1.434% (1.7 SD).

Neun Personen (56%) zeigen einen leichten Linkshandvorteil in der Tastleistung, der gegenüber dem Rechtshandvorteil der anderen sieben Personen schwächer ausfällt. Der mittlere Grad der Lateralisierung über die ganze Gruppe ergibt mit - 0.679% (1.809 SD) und damit insgesamt einen leichten Linkshandvorteil.

4.4.2. Mittelwertsvergleich

Tabelle 2: Mittelwertsvergleich zwischen rechter und linker Hand (univariate Varianzanalyse):

		Vpn	p			Vpn	p
1	fem	BMAG	0.5843	9	male	LALF	0.2114
2	fem	LCLA	0.2045	10	male	LAND	0.5984
3	fem	LJUL	0.8092	11	male	LARO	0.1077
4	fem	LLIS	0.4942	12	male	LFIL	0.3585
5	fem	LMAG	0.1327	13	male	LHEI	0.0049*
6	fem	LSAB	0.5810	14	male	LOMO	0.5422
7	male	BIOE	0.1885	15	male	LRAL	0.1448
8	male	BHEI	0.0778	16	male	LUDA	0.5048

Nur eine Person zeigt, einen signifikanten Unterschied zwischen den Händen, der dadurch zustande kommt, daß der Proband LHEI im Mittel einen Linkshandvorteil von 1.124 Richtignennungen aufweist.

Der leichte Linkshandvorteil, der sich über die Gruppe insgesamt ergibt, ist jedoch zu schwach, um im Mittelwertsvergleich für die Leistung der rechten und linken Hand einen statistisch signifikanten Unterschied zu ergeben: $p = .1892$. 'Rechte' und 'linke Hand' unterscheiden sich damit im Mittel ihrer diskriminatorischen Leistung nicht.

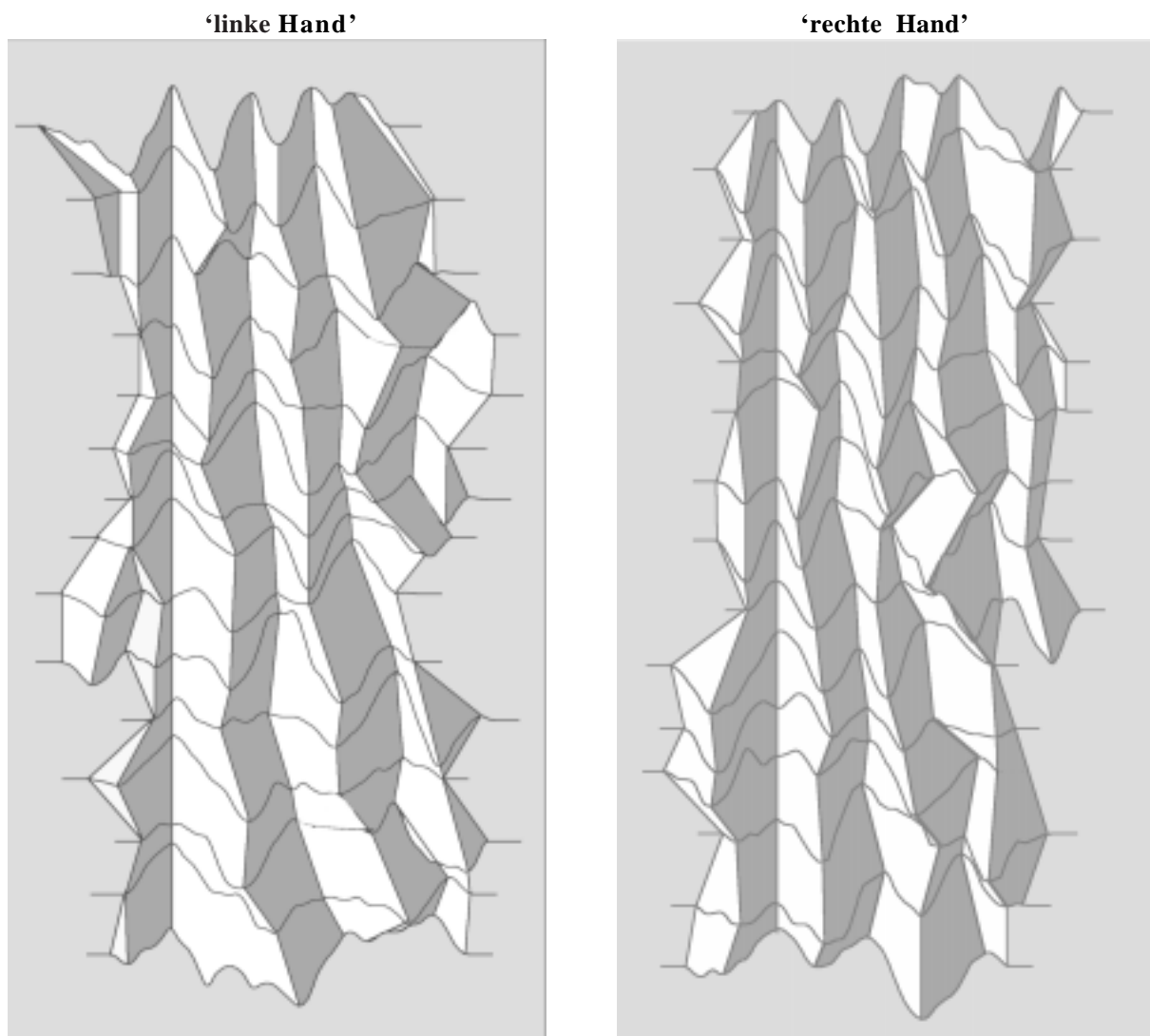
4.4.3. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links-und rechtshändiger Diskrimination

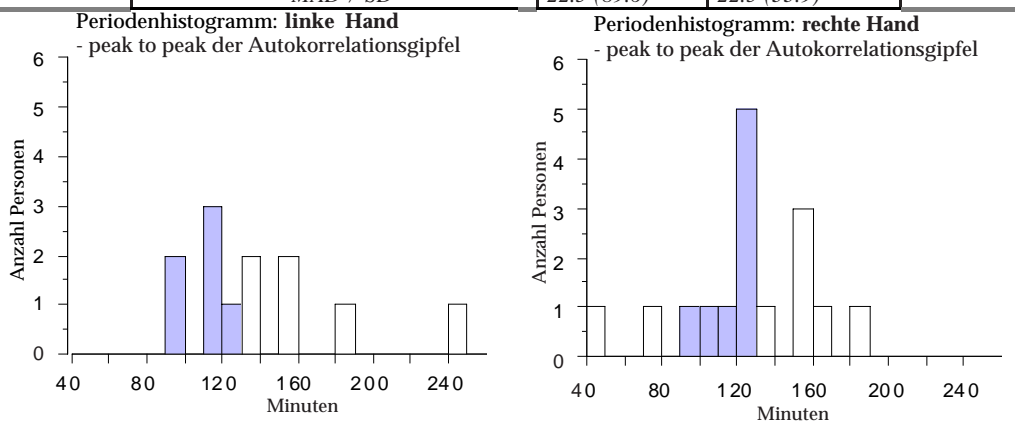
Abb. 8 Um die lateralisierten Oszillationen rechter und linker Hand visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der einzelnen Versuchspersonen entsprechend der Länge ihres ersten Spitze-zu-Spitze Intervalles untereinander angeordnet und auf das erste deutliche Maximum der Fehlerrate synchronisiert. Die Graphiken der Abbildung vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als hätten die Oszillationen ihr erstes Maximum der Fehlerrate zur selben Zeit erreicht. Verbindet man das erste, zweite, dritte und vierte Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie, hebt sich der oszillatorische Vorgang graphisch als "Wellenfeld" hervor. Aufsteigende Flanken sind dunkel gefärbt, absteigende hell.

4.4.4. Histogramme der Periodenintervalle rechts- und linksseitiger Oszillationen

Tabelle 3: Periodenintervalle der taktilen Diskriminationsleistung

Berechnet wurden die Distanzen zwischen den Maxima der positiven Autokorrelationswerte für die 'rechte' und 'linke Hand' in Minuten. Alle Personen zeigen für die 'rechte Hand' systematische Leistungsschwankungen. Zwei Personen zeigen dies für die 'linke Hand' nicht.

Vpn			'linke Hand'	'rechte Hand'
1	fem	BMAG	240	120
2	fem	LCLA	120	120
3	fem	LJUL	90	120
4	fem	LLIS	360	150
5	fem	LMAG	360	150
6	fem	LSAB	112.5	75
<i>Median / M</i>			180 (213.8)	120 (122.5)
<i>MAD / SD</i>			78.75 (124.8)	15 (27.5)
7	male	BJOE	180	180
8	male	BHEI	112.5	120
9	male	LALF	150	90
10	male	LAND	/	112.5
11	male	LARO	97.5	120
12	male	LFIL	135	45
13	male	LHEI	135	165
14	male	LOMO	112.5	105
15	male	LRAL	150	150
16	male	LUDA	/	130
<i>Median / M</i>			135 (134)	120 (121.8)
<i>MAD / SD</i>			18.75 (26.4)	22.5 (38.6)
Gesamt <i>Median / M</i>			135 (168.2)	120 (122)
<i>MAD / SD</i>			22.5 (89.6)	22.5 (33.9)



From (\geq)	To ($<$)	Count
40	50	0
50	60	0
60	70	0
70	80	0
80	90	0
90	100	2
100	110	0
110	120	3
120	130	1
130	140	2
140	150	0
150	160	2
160	170	0
170	180	0
180	190	1
190	200	0
200	210	0
210	220	0
220	230	0
230	240	0
240	250	1
Total		12

From (\geq)	To ($<$)	Count
40	50	1
50	60	0
60	70	0
70	80	1
80	90	0
90	100	1
100	110	1
110	120	1
120	130	5
130	140	1
140	150	0
150	160	3
160	170	1
170	180	0
180	190	1
190	200	0
200	210	0
210	220	0
220	230	0
230	240	0
240	250	0
Total		16

Abb. 9 zeigt die Histogramme für die Periodenintervalle der Leistungsgipfel für beide Händezeitreihen in Minuten. Balken, die innerhalb des BRAC-Zeitbereiches liegen sind farblich herausgehoben.

Die taktile Diskriminationsleistung der linken Hand oszilliert bei sechs Versuchspersonen (38%) von den insgesamt 16 Personen dieser Gruppe **im Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Keine Person zeigt kürzere Periodenintervalle als zwischen 60 und <120 Minuten, acht Personen (50%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 360 Minuten) und zwei Personen (12.5%) zeigen in der linkshändigen Leistung keine

systematischen Schwingungen. Zu beachten ist, daß zwei Personen in der Leistung der 'linken Hand' eine sehr langsame Zyklizität von 360 Minuten (= 6 Std.) aufweisen. Sie zeigen damit zwar einen systematischen Vorgang (White - Noise Test), über den aber aufgrund der kurzen Messzeit von acht Stunden im Vergleich zu dieser Zykluslänge von sechs Stunden keine Aussage gemacht werden kann. Insgesamt zeigt die 'linke Hand' im Median eine Zyklizität von **135 min. = 2.25 Std. = 10.7 Z/T.**

Dabei oszilliert die taktile Diskriminationsleistung der rechten Hand bei acht Versuchspersonen (50%) von den insgesamt 16 Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich Bereich.** Zwei Personen (13%) zeigen kürzere Periodenintervalle (zw. 60 und <120 Minuten), sechs Personen (38%) längere Zyklen (zw. >120 und 250 Minuten) und keine Person zeigt war in der rechtshändigen Leistung ohne systematische Schwingungen. Insgesamt zeigt die 'rechte Hand' im Median eine Zyklizität von **120 min. = 2 Std. = 12 Z/T;**

Die beiden Verteilungen unterscheiden sich statistisch nur auf Trendniveau (Wilcoxon Signed Rank, reHand - liHand : $p = .0830$; $Z = -1.734$)

Vergleichen wir nur die Versuchspersonen, welche im "Wellenfeld" der 'rechten' und 'linken Hand' abgebildet sind, fällt eine bemerkenswerte Asymmetrie auf: Die Variation der Diskriminationsfehler der rechten Hand oszillieren bei allen zwölf Versuchspersonen mit vergleichbar kurzen Perioden um zwei Stunden. Demgegenüber finden sich für die 'linke Hand' in der Mehrzahl der Versuchspersonen Periodenintervalle von mehr als zwei Stunden. Die Perioden der rechtshändigen Fehlerraten häufen sich in einer schmalen Verteilung um zwei Stunden, während die Verteilung für linkshändige Fehleroszillationen weit nach rechts zu längeren Intervallen um vier Stunden auslenkt. Der Unterschied zwischen beiden Verteilungen ist im Rangsummen-Test nach Wilcoxon mit $p = 0.009$ signifikant.

4.4.5. Phasenbeziehungen in der taktilen Diskriminationsleistung zwischen rechter und linker Hand

Neben Probanden mit gegenphasigen Oszillationen, findet man auch Personen mit synchronen Phasenbeziehungen der taktilen Diskriminationsleistung der rechten und linken Hand. Nachfolgende Darstellung zeigt beispielhaft vier Personen der Gruppe *Labor*.

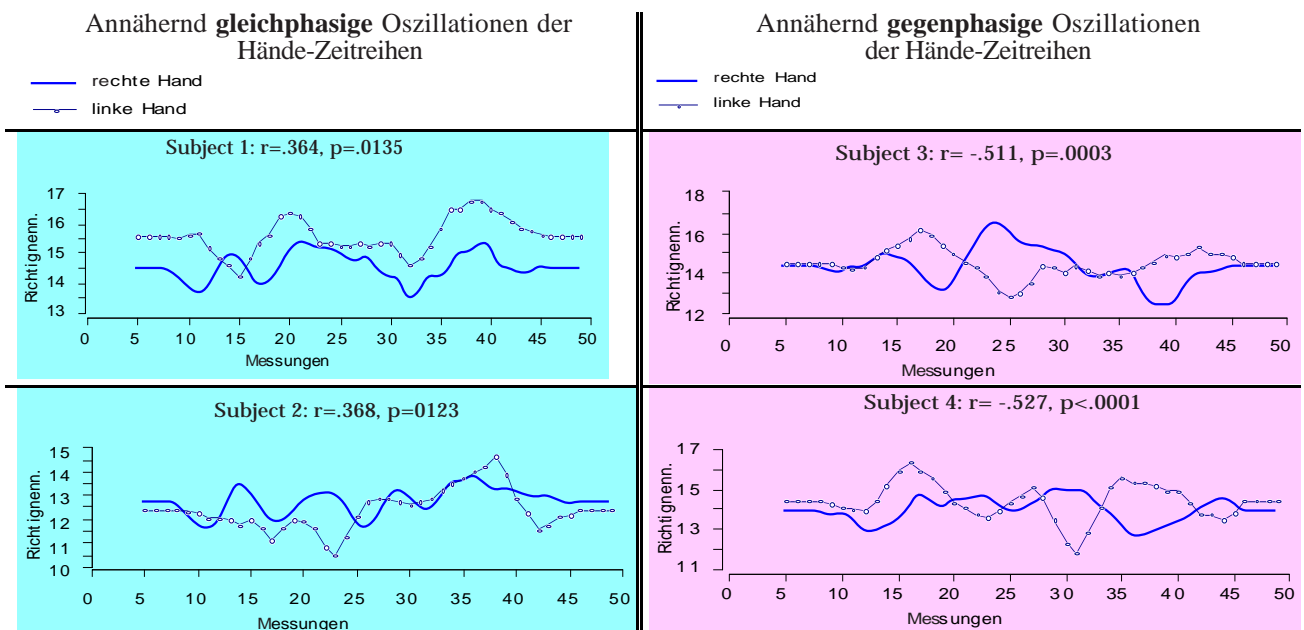


Abb. 10 Auf der rechten Seite sind zwei Beispiele mit annähernd gegenphasigen Oszillationen dargestellt. Steigende Fehlerzahlen der einen Hand gehen einher mit sinkenden Fehlerzahlen der anderen Hand und vice versa. Auf der linken Seite sind zwei Beispiele dargestellt, die annähernd gleichphasige Oszillationen zeigen. Die gegenphasigen Zeitreihen korrelieren deutlich negativ, während eine tatsächliche Parallelität nur annähernd erreicht wird.

4.4.5.1. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen

Tabelle 4: Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand

Versuchspersonen female			Kreuzkorrelation RH versus LH (Minuten)	Versuchspersonen male			Kreuzkorrelation RH versus LH (Minuten)
1	fem	BMAG	80	male	BJOE	30	
2	fem	LCLA	105	male	BHEI	75	
3	fem	LJUL	90	male	LALF	97.5	
4	fem	LLIS	97.5	male	LAND	60	
5	fem	LMAG	105	male	LARO	82	
6	fem	LSAB	67.5	male	LFIL	82.5	
				male	LHEI	75	
				male	LOMO	90	
				male	LRAL	97.5	
				male	LUDA	48.8	
Median / M			93.8 (90.8)	Median / M			78.5 (73.8)
MAD / SD			11.3 (14.9)	MAD / SD			15 (21.8)
Gesamt			Median / M	82.3 (80.3)			
			MAD / SD	14.8 (20.8)			

Korreliert man die Variablen ‘rechte Hand’ und ‘linke Hand’ jeweils um ein Lag versetzt (15 min.) schrittweise miteinander, so kann geprüft werden, nach wievielen Minuten die beiden Variablen wieder mit einem positiven Koeffizienten korrelieren. In unserem Fall wurden die positiven Maxima der Kreuzkorrelationszeitreihe und ihre zeitliche Differenz bestimmt. Dieses Verfahren gibt Auskunft über den periodischen Phasenzusammenhang der beiden Zeitreihen. Die Zykluslänge der alternierenden Seitenvorteile zwischen rechter und linker Hand (linker und rechter Hemisphäre) gruppiert sich, wie in Abbildung 12 zu sehen ist, zeitlich um den **Frequenzbereich zwischen 45 und 105 Minuten: Median= 82.3 Minuten.**

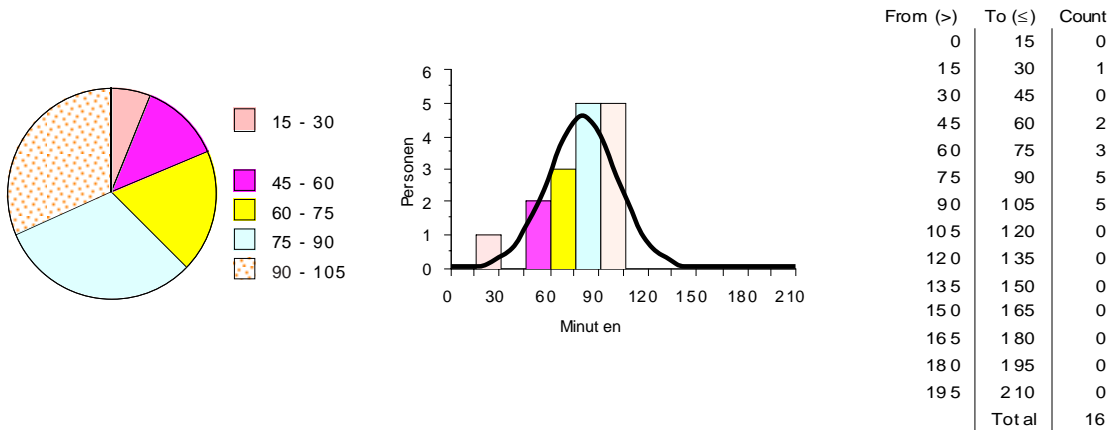


Abb. 11 Mittelwerte der positiven Maxima-Differenzen für jede Person

In Abbildung 12 wird dargestellt, wann die Maxima während der Verschiebung gegeneinander in der Kreuzkorrelationsprozedur erstmalig zur Überlappung kommen.

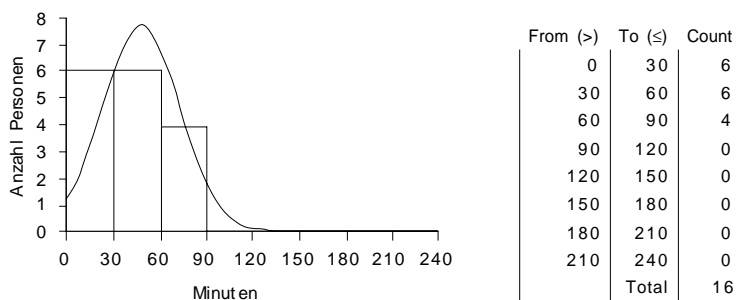


Abb. 12 Zeitdifferenz für jede Person zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum

In Abbildung 13 werden die einzelnen 'Peak-to-Peak' Differenzen aller Personen dieser Gruppe in einem Histogramm abgebildet.

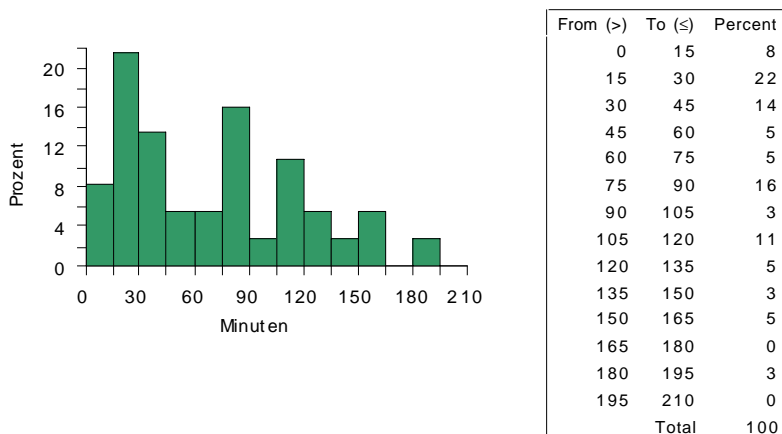


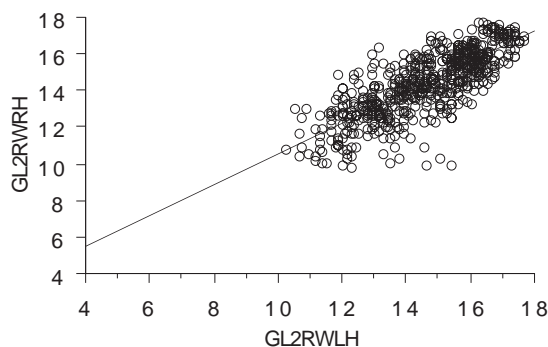
Abb. 13 'Peak-to-peak' Differenzen aller Vpn (als Histogramm) zwischen den positiven Maxima der Kreuzkorrelationsvariablen

Eine Person (6%) zeigt zum Verschiebungszeitpunkt 0 ein positives Maximum. Die Abbildung 12 oben macht deutlich, daß die beiden Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand' von 31% der Versuchspersonen schon nach einer Verschiebung um weitere ein bis zwei Lags (15-30 Minuten) maximal positiv aufeinander zu liegen kommen. Diese Tendenz kommt auch in der Regressionsanalyse zum Ausdruck:

4.4.5.2. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'

Tabelle 5: Regressionsanalyse zum Verschiebungszeitpunkt; (Filter 1):

	Vpn	Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	
1	fem	BMAG	.283	.192	.245	1.475	.1495
2	fem	LCLA	.123	.123	.167	1.001	.3238
3	fem	LJUL	-.089	.220	-.068	-.405	.6883
4	fem	LLIS	-.681	.194	-.511	-3.517	.0012*
5	fem	LMAG	.023	.154	.025	.149	.8824
6	fem	LSAB	-.151	.141	-.179	-1.077	.2887
7	male	BJOE	-.555	.205	-.421	-2.707	.0105*
8	male	BHEI	.385	.191	.327	2.018	.0516(Trend)
9	male	LALF	-.383	.104	-.527	-3.671	.0008*
10	male	LAND	.246	.105	.368	2.344	.0249*
11	male	LARO	-.015	.155	-.017	-.098	.9223
12	male	LFIL	-.055	.152	-.061	-363.000	.7187
13	male	LHEI	.310	.134	.364	2.311	.0268*
14	male	LOMO	-.245	.182	-.221	-1.343	.1879
15	male	LRAL	-.053	.308	-.029	-.172	.8647
16	male	LUDA	.555	.098	.689	5.630	<.0001*



$$[r(df 588) = .817, p < .0001]$$

Abb. 14 Regressionsanalyse der Richtignennungen der rechten Hand (GL2RWRH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'rechte Hand') versus derer der linken Hand (GL2RWLH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'linke Hand').

Sieben Personen zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen beiden Verhaltensvariablen (drei davon signifikant, eine Person mit Trend), alle anderen neun Versuchspersonen dieser Gruppe haben einen negativen Koeffizienten, der bei drei Personen signifikant wird.

Zusammenfassung der Phasenbeziehungen in der taktilen Diskriminationsleistung zwischen rechter und linker Hand:

Die Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand' verlaufen demnach zum Verschiebungszeitpunkt 0 über die Gruppe betrachtet nicht gegenphasig, sondern eher gleichphasig, d.h. 'rechte' und 'linke Hand' zeigen zu gleichen Zeitabschnitten gute und schlechte Leistungen. Schon nach einer Verschiebung um zwei Lags (30-60 Minuten) korrelieren weitere 38% positiv. Bei **75% der Personen liegt die zeitliche Distanz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum nicht weiter als eine Stunde auseinander**. Ferner zeigt keine Versuchsperson in der Kreuzkorrelationsvariable ein erstes positives Maximum später als 90 Minuten. Das Histogramm (Abb.14) zeigte nun alle Zeitdifferenzen zwischen den positiven Maxima in den Kreuzkorrelations-Zeitreihen der Versuchspersonen. Hier fällt auf, daß eine große Anzahl der positiven Maxima-Differenzen in den Zeitbereich bis 45 Minuten fällt (44%) und die nächsten Maxima im Bereich zwischen 75 und 90 und 105 und 120 Minuten liegen (27%).

Bei 69% der Labor-Versuchspersonen ereignet sich der Interhemisphärische Leistungswechsel im Frequenzbereich bis 90 Minuten. Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) liegen nur 31%. Keine Person zeigt längere Perioden in ihrer Kreuzkorrelationsvariable. Der von der ('erweiterten'=80-120 Minuten) BRAC-Hypothese postulierte Interhemisphärische 'Shift' bestätigt sich damit mit einer mittleren Frequenz von 80.3 Minuten=1.3 Stunden= 18.5 Z/T. Frauen zeigten sich in ihren Leistungsumschwüngen im Mittel um 17 Minuten langsamer als Männer.

4.4.6. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand'

Tabelle 6 beschreibt diejenigen Versuchspersonen der Gruppe *Labor*, welche signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der rechten Hand aufweisen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.2310	.116	1.407	1.993	.0554	LCLA(Trend)
-.2360	.114	-1.435	-2.064	.0478	LJUL

Quadratischer Trend

-.0070	.003	-1.421	-2.013	.0532	LCLA(Trend)
.0060	.003	1.234	1.775	.0860	LJUL(Trend)

Tabelle 7 beschreibt diejenigen Versuchspersonen, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der linken Hand aufweisen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
-.2190	.129	-1.219	-1.704	.0988	LFIL(Trend)
-.2210	.091	-1.634	-2.419	.0219	LSAB

Quadratischer Trend

.0040	.002	1.291	1.851	.0741	LUDA(Trend)
.0050	.003	1.394	2.063	.0478	LSAB

Tabelle 8 Anordnung der Personen dieser Gruppe nach: negativem Regressions-Koeffizienten ($r \leq -.003$), keinem quadratischen Trend und positivem Regressions-Koeffizienten ($r \geq .003$).

'linke Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$	'rechte Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$
fem		BMAG		fem		BMAG	
fem			LCLA	fem	LCLA*(Trend)		
fem		LJUL		fem			LJUL*(Trend)
fem			LLIS	fem	LLIS		
fem	LMAG		LSAB*	fem	LSAB	LMAG	
male		BHEI		male		BHEI	
male		BJOES		male	BJOES		
male		LALF		male	LALF		
male		LAND		male		LAND	
male	LARO			male		LARO	
male			LFIL	male		LFIL	
male		LHEI		male		LHEI	
male		LOMO		male		LOMO	
male		LRAL		male		LRAL	
male			LUDA*(Trend)	male		LUDA	

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der rechten Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Labor* zeigen fünf Personen (31%) **einen langsamen negativen Verlauf** im circadianen Zeitbereich $r \leq -.003$ (drei Frauen, zwei Männer), zehn Personen keine circadianen Schwankungen (zwei Frauen und acht Männer) und eine Person (6%), **einen positiven quadratischen Trend** $r \geq .003$ (kein Mann). Die Mehrzahl der Versuchspersonen (63%) **zeigt keine** Schwankungen im circadianen Zeitbereich in der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand.

eine Frau aus dieser Gruppe 6%, zeigt einen signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei negativem circadianem Trend. Eine Frau aus dieser Gruppe 6%, zeigt eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei positivem circadianem Trend.

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der linken Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Labor* zeigen zwei Personen (12%), **einen langsamen negativen Verlauf** im circadianen Zeitbereich $r \leq -.003$ (Eine Frau, ein Mann), neun Personen keine circadianen Schwankungen (zwei Frauen und sieben Männer) und fünf Personen (31%) **einen positiven quadratischen Trend** $r \geq .003$ (kein Mann). Die Mehrzahl der Versuchspersonen (56%) **zeigt keine** Schwankungen im circadianen Zeitbereich in der taktilen Diskriminationsleistung der linken Hand.

Eine Frau und ein Mann aus dieser Gruppe (12%), zeigen eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'linke Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig positivem circadianem Trend.

Nachfolgende Abbildung zeigt das Beispiel einer Person deren Händezeitreihen sowohl Gegenphasigkeit in den langsamen Tagesschwankungen, als auch in der ultradianen Dynamik aufweisen.

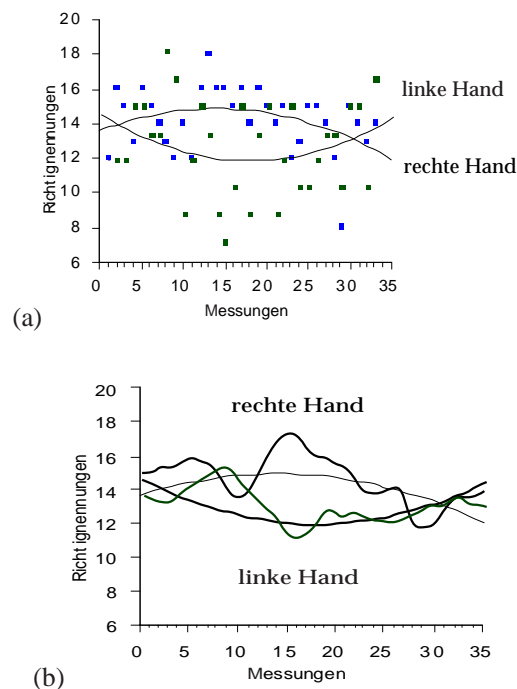


Abb. 15 Beispiel für die circadian gegenläufige Leistung der beiden Hände (a) mit darauf 'sitzenden' ultradianen Schwankungen (b) (Subject =Llis)

Zusammenfassung

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können auch hier als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Es gilt die Einschränkung, daß diese Bezeichnung nicht mehr als eine naheliegende Interpretation ist, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin.

In der taktilen Diskriminationsleistung der rechten sowie der linken Hände der Mehrzahl der Versuchspersonen spiegelt sich keine circadiane Rhythmizität wieder.

Nur eine Person zeigt für die 'rechte Hand' eine stetig steigende Fehlerzahl und zwei weitere für die 'linke Hand'. Keine Person zeigt einen solchen signifikanten Trend für beide 'Hände'.

Nur eine Person zeigt für eine Hand eine lineare Leistungsverbesserung. Nicht jedoch für die andere Hand.

Neben ultradianen und circadianen Fluktuationen, welche physiologisch bedingt sind, findet sich kein Anzeichen dafür, daß die anderen Probanden die Braille-Zeichen im Laufe des Tages wiedererkennen lernen. Offenbar ist eine Kodierung der sinnfreien Punktmuster nicht möglich. Vielmehr wird auch nach mehrstündiger Darbietung das taktile Diskriminationsergebnis 'naiv' wiedergegeben.

Drei Frauen (19%) zeigen eine negative circadiane Schwingung in der rechten Hand bei gleichzeitig positivem circadianen Rhythmus in der 'linken Hand'. Das bedeutet, die 'linke Hand' beginnt am Anfang des Meßtages mit einem relativen Leistungshoch, welches gegen Mittag abnimmt um zum Ende des Tages wieder anzusteigen. Dagegen beginnt die 'rechte Hand' gleichzeitig mit einem relativen Leistungstief, welches sich gegen Mittag erholt und in der zweiten Hälfte des Versuchstages wieder absinkt. Die circadiane Leistungskurve zeigt sich bei diesen Personen gegenläufig.

Studie II, III, IV.: Die Bewältigung verbaler und räumlicher Langzeitaufgaben unter dem Einfluß lateralisierten Ultradianrhythmen

Wie im Kapitel 1.2.4. *Interhemisphärische 'Shift-Hypothese'* beschrieben, interpretieren einige Autoren die Schwankungen in der Bewältigung hemisphärenspezifischer Wahrnehmungsaufgaben als zyklisch alternierende Hemisphärenvorteile über die Zeit. Um diese rhythmischen Wechsel in der Hemisphärendominanz implizit nachzuweisen, wurden dabei Langzeitaufgaben als genügend großes Vielfaches der gesuchten Zykluslänge gewählt, deren bevorzugte Bewältigung einer bestimmten Hemisphäre zuzuschreiben ist. Dazu bieten sich nach den Erkenntnissen der funktionalen Hemisphärenasymmetrie Testverfahren mit verbalem und räumlichem Aufgabenmaterial an.

Der Zusammenhang zwischen Händigkeit und dominanter Hemisphäre (Brocasche Regel; Bouillard, 1865; vgl. Hecaen und Piercy, 1956; Benton, 1965; u.a.), Befunde zum Ausfall des Sprachverständnisses nach linkshemisphärischen Schädigungen (sogenanntes Wernicke Areal; Wernicke, 1874, 1906; u.a.) oder verschiedene Lese- und Schreibschwierigkeiten und andere Störungen (Agraphie; Ogle, 1867; Apraxie; Liepmann, 1900, 1905, 1908) führten zu der Ansicht, daß die linke Hemisphäre für sprachliche Funktionen im allgemeinen von großer Bedeutung ist.

Mit dem Bekanntwerden von spezifischen Ausfällen nach rechtshemisphärischen Schädigungen, beispielsweise Problemen bei nicht-verbalen Aufgaben, deren Anforderungen im Bereich von Formenerkennung, Distanzeinschätzung oder dem Erkennen von räumlichen Zusammenhängen liegen, oder Beeinträchtigungen, die Orientierungsfähigkeit und Aufmerksamkeit betreffen, entwickelte sich im weiteren Verlauf der Hemisphärenforschung das Konzept der funktionalen Hemisphärenasymmetrie (Bogen, 1969; Wittling, 1973; Martinius, 1974).

Nach diesem Theorem leisten beide Hemisphären mit ihren speziellen Fähigkeiten jeweils spezifische Beiträge am globalen Funktionieren des Gehirns (Deegener, 1978, Springer und Deutsch, 1992; Witelson, 1987; Kimura, 1989). Funktionale Hemisphärenasymmetrie bedeutet hier, daß die linke cerebrale Hemisphäre spezialisiert für Sprachfunktionen ist, die rechte für visuell-räumliche Anforderungen (Bogen and Gazzaniga, 1965; Goodglass and Kaplan, 1972; Milner, 1974; Moscovitch, 1979)¹⁷.

Um das Konzept der lateralisierten Leistungszyklen zu überprüfen, wurden in Studie II und VI, zusätzlich zum taktilen Diskriminationstest, kognitive Anforderungen verbaler und räumlicher Art über acht Stunden hinweg gestellt.

5) Studie II: Taktile Diskriminationstest und Dichotischer Hörtest - Die verbale Aufgabe

Zusammenfassung:

Der vorliegende Abschnitt beschäftigt sich mit der Frage, welcher Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungsleistung in zwei verschiedenen neuropsychologischen Tests unter dem Einfluß cerebraler lateralisierten Ultradianzyklen besteht.

Mit Hilfe zweier bezüglich der sensorischen Stimuli verschiedener Wahrnehmungsexperimente wurden unterschiedliche Aufgaben geschaffen, die die Versuchsperson im Langzeittest über acht Stunden, jeweils alle 15 Minuten kurz hintereinander zu absolvieren hatte. Es handelte sich dabei um einen auditiven Test, das dichotische Hören und um einen taktilen Test, das Unterscheiden von Blindenschriftzeichen. Wenn endogene ultradiane Rhythmitäten alternierend

¹⁷ Zur Prüfung dieser Hypothesen wurden verschiedene neuropsychologische und -physiologische Verfahren eingesetzt. Penfield beispielsweise reizte spezifische Gehirnareale elektrisch mit kleinen Elektroden (Penfield und Roberts, 1959; u.a.); Wada betäubte die Hemisphären selektiv mit Natrium-Amytal-Injektionen in die Karotis rechts und links (Wada-Test, Wada, 1949; Wada und Rassmussen, 1959). Zur Aufklärung funktionaler Hemisphärenasymmetrien an gesunden und klinischen Populationen führten auch Erkenntnisse nach operativen Eingriffen am Gehirn (Lobektomien; Milner, 1958; McFie, 1961a, b; u.a.; Split-brain-Operationen; Sperry, 1966, 1968, 1974; Gazzaniga, 1970; u.a.) oder Testverfahren mit lateralisierten Stimulusdarbietung (Tachistoskopische Bildbenennung; McKeever, 1971; u.a.; Dichotische Wortbenennung; Broadbent, 1954; Kimura, 1967; vgl. als Übersichtsarbeiten Richardson und Knights, 1970; Hugdahl, 1988; u.a.).

Einfluß nehmen auf hemisphärenspezifische Wahrnehmungsleistungen dann sollten entsprechende Leistungsschwankungen in der Bewältigung der verbalen sowie der taktilen Aufgabe auftreten.

Der dichotische Hörtest gilt unter bestimmten Bedingungen als eine klassische, nicht-invasive Methode, die Lateralisierung in der Sprachverarbeitung zu testen. Aus den Erkenntnissen der funktionalen Hemisphärenasymmetrie (siehe 'Exkurs') kann gefolgert werden, daß verbale Aufgaben von der Mehrheit gesunder, rechtshändiger Probanden linkshemisphärisch verarbeitet werden.

Unter der Voraussetzung, daß die Hemisphärenaktivierung alternierend zwischen rechts und links erfolgt, sollte sich, wie in vorangegangenen Studien, eine ultradian wechselnde Ohrdominanz einstellen. Die lateralisierte Hörleistung sollte über den individuellen mittleren Gesamtgrad der Lateralisierung hinaus zyklisch schwanken.

In der Studie wird ferner zu untersuchen sein, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Grad der lateralisierten Verarbeitung des verbalen Materials und der Stärke auftretender ultradianer Leistungsschwankungen gibt.

Der taktile Diskriminationstest sollte unabhängig von funktional hemisphärenspezifischen Voraussetzungen geeignet sein ultradiane Schwankungen abzubilden. Auch hier sollte die Leistung um den individuellen mittleren Grad der Lateralisierung über die Zeit, d.h. um den Gesamt-Mittelwert des Handvorteils, schwanken.

Verglichen werden soll schließlich der Phasenverlauf der wechselnden Ohrdominanz mit dem der taktilen Diskriminationsfähigkeit beider Hände. Unter der Voraussetzung, daß rechte und linke Hemisphäre zyklisch alternierend aktiviert werden, sollte sich der Phasenverlauf für das 'rechte Ohr' und die 'rechte Hand' sowie für das 'linke Ohr' und die 'linke Hand' synchron zeigen.

Beide Verfahren prüfen die angenommene, zyklisch wechselnde Lateralisierung in den Wahrnehmungsleistungen.

5.1. Das dichotische Hörparadigma

Werner (1989) führte in 15-Minuten-Intervallen über acht bzw. zwölf Stunden hinweg, einen 'Dichotic-Listening' -Test als hemisphärenspezifische Leistungsaufgabe durch. Es konnte ein oszillierender interhemisphärischer Leistungsvorteil für die dichotische Hörleistung festgestellt werden. Hinsichtlich der Periodenlängen konnte Werner eine bimodale Verteilung mit Perioden von eineinhalb bis zweieinviertel bzw. dreieinhalb bis fünf Stunden finden.

5.1.1. Geschlechtsunterschiede in dichotischen Höraufgaben

Die dichotische Höraufgabe bildet eine gute Möglichkeit, eine große Anzahl neuropsychologisch gesunder Versuchspersonen hinsichtlich ihres Ohrvorteils zu untersuchen. Dabei konnten zumeist stabile geschlechtsspezifische Unterschiede gefunden werden. Die theoretische Annahme lautet hier, Männer wären stärker lateralisiert als Frauen (McGlone, 1980; Bryden, 1979; Lake und Bryden, 1976; McNeil und Ryan, 1974; Springer und Searleman, 1978; Dawe und Corballis, 1986). In anderen Arbeiten konnten die Lateralisierungsunterschiede zwischen Männern und Frauen nicht mehr statistisch signifikant interpretiert werden oder zeigten sich nur noch als Trend (Hiscock und MacKay, 1985). Die gefundenen Unterschiede wurden auf intracerebrale Verarbeitungsunterschiede, auf anatomische Unterschiede sowie auf unterschiedliche Strategien der Versuchspersonen und schließlich auf heterogene Versuchspersonengruppen zurückgeführt (Harshman und Lundy, 1988)

1988 wurde erstmals beschrieben, daß der Ohrvorteil geschlechtsspezifischen zeitlichen Veränderung unterliegt (Wexler und Lipman, 1988). Die männlichen Probanden zeigten in den ersten 30 Testdurchgängen mit je 30 dargebotenen Items einen signifikant stärkeren REA als die weiblichen Probanden. Führte man das dichotische Hören als Langzeitaufgabe aber weiter, sank dieser Geschlechtsunterschied über die nächsten 30 Durchgänge hinweg und nach der Hälfte der insgesamt 120 Versuchsdurchgänge waren die Geschlechter in ihrem Ohrvorteil nicht mehr unterscheidbar. Die Autoren schlagen allerdings vor, diese Ergebnisse als geschlechtsspezifische 'Strategieunterschiede' beim Herangehen an Aufgaben zu interpretieren. Das Herangehen und Beginnen des Tests würde bei Männern demnach zu einem stärkeren REA führen, weil sich in dieser Phase eine linkshemisphärische Aktivierung einstellt, bei den Frauen zu einem zeitweiligen Sinken des REA als Ergebnis einer rechtshemisphärischen Aktivierung.

5.1.2. Ein Überblick über die dichotische Höraufgabe im Hinblick auf die cerebrale Organisation

Das dichotische Hörverfahren ist ein valider Test für die Messung der Hemisphärenasymmetrie. Im dem ausgewählten dichotischen Hörverfahren sind die Versuchspersonen gefordert, zwei konkurrierende, simultan eingespielte auditive Stimuli mit semantischer Komponente zu beachten; je eine Information am rechten Ohr und eine am linken Ohr.

Sprache wird über verschiedene Personen hinweg individuell verarbeitet. Für Rechtshänder wird ein linkshemisphärisches Zentrum für die Verarbeitung verbaler, akustischer Stimuli erwartet (vgl. Segalowitz und Bryden, 1983). Im allgemeinen sind Personen mit links-hemisphärischer Sprachlateralisierung schneller und besser in der Wiedergabe derjenigen Items, die am rechten Ohr dargeboten wurden (Rechts-Ohr-Vorteil (REA)), während Personen mit rechts-hemisphärischer Sprachrepräsentation einen Links-Ohr-Vorteil (LEA) zeigen, wie Kimura (1961a, b) schon früh herausstellte. Die Sprachlateralisierung konnte in Übereinstimmung mit Kimuras Ergebnissen für diese Probanden auch mit dem Sodium Amytal Test gefunden werden (Wada und Rasmussen, 1960); ebenso erweist sich das dichotische Hören als ein ähnlich valides Testverfahren für die Seitenzuweisung der Sprachdominanz (Kimura, 1961; Richardson und Knights, 1970; Geffen und Quinn, 1984).

Die Mehrheit der von Kimura und anderen (Geffen und Traub, 1979; vgl. Segalowitz und Bryden, 1983) untersuchten gesunden Versuchspersonen zeigte den REA (s. auch Bryden, 1963). Studdert-Kennedy und Shankweiler (1970) waren die ersten, die jedem Ohr ein einsilbiges Wort bestehend aus Konsonant-Vokal-Konsonant darboten. Der REA bleibt hier ebenso robust, wie in dichotischen Höraufgaben mit gerichteter Aufmerksamkeit (Bryden, Munhall, und Allard, 1983) oder gereimten Wortpaaren (Wexler und Halwes, 1983).

Zwei konkurrierende Theorien erheben Erklärungsanspruch auf REA-Effekt. Die 'Struktur-Theorie' bezieht sich auf anatomische und physiologische Gegebenheiten des auditorischen Systems, bei binaural simultaner Darbietung. Die Aktivität der ipsilateralen auditiven Bahn soll dabei durch die kontralaterale aufsteigende Bahn inhibiert werden (Kimura, 1967; Studdert-Kennedy und Shankweiler, 1970).

Die folgende Abbildung zeigt das dichotische Hörparadigma (Kimura, 1961)



Abb. 16 Stimuli monaural links dargeboten (a), Stimuli monaural rechts dargeboten (b), dichotische Darbietung (c)

Für unseren Versuchsaufbau ist die Struktur-Theorie insofern bedeutsam, als sie die Grundlage für die Annahme bildet, daß die beiden Worte des simultan rechts und links dargebotenen Stimuluspaares in der jeweils kontralateral zum akustischen Halbfeld gelegenen Hemisphäre verarbeitet werden.

Die Transformation des Schallreizes in den Hörnervenfasern geschieht in mehreren Schritten. Die Fasern des Nervus acusticus enden an einem für ihre Schallfrequenz spezifischen Ort des Cortischen Organs. Die primären Hörnervenfasern vereinigen sich schon im Innenohr mit den primären Nervenfasern des Gleichgewichtsorgans zum Nervus statoacusticus. Nach dem Eintritt in den Hirnstamm enden die Hörnervenfasern im Nucleus cochlearis. Vom dorsalen Teil des Nucleus cochlearis entspringt eine Bahn, deren Fasern auf die kontralaterale Seite kreuzen und dort im lateralen Schleifenkern enden. Vom ventralen Teil geht eine Bahn aus, die zum Olivenkomplex ipsi- und contralateral zieht. Die Neurone des Olivenkomplexes senden ihre Axone wiederum ipsi- und contralateral ebenfalls zu den lateralen Schleifenkernen. Von dort steigt die Bahn über die Colliculi inferiores auf zu den medialen Kniehöckern (Corpus geniculatum mediale) und weiter zur primären Hörrinde in den Temporallappen.

Um die kontralaterale Verarbeitung verbalen Materials abzubilden bietet folgende Abbildung einen schematischen Überblick über den Verlauf der Hörbahn (nach BEATON, 1985, 84).

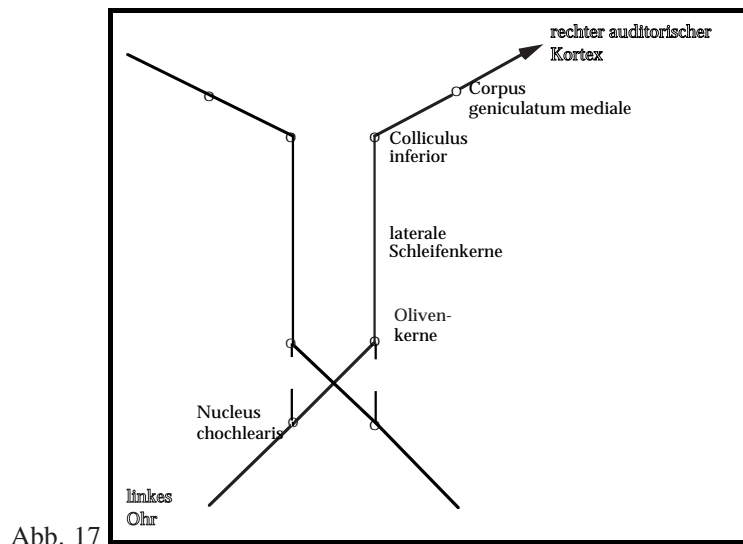


Abb. 17

Projektionen vom rechten Ohr steigen nicht nur zum linken auditorischen Kortex auf, sondern auch ipsilateral. Während die Information, die eine Hörschnecke erreicht, zu beiden Hemisphären übertragen wird, kann es unter bestimmten Bedingungen zur bevorzugt kontralateralen vor der ipsilateralen Übertragung kommen (Phillip und Gates, 1982; für einen Überblick s. Berlin und McNeil, 1976).

Es gibt eine laterale Asymmetrie in der auditorisch corticalen Verarbeitung. Schon Kimura (1967) wies auf physiologische Evidenzen hin, die zeigen, daß die aufsteigenden, kontralateralen Bahnen stärker, zahlreicher und schneller leiten als die ipsilateralen. Da in den Kernen der Hörbahn eine erhebliche Konvergenz ipsilateraler und kontralateraler Afferenzen stattfindet, gelangt die aus einem Ohr stammende Information zu der primären Hörrinde beider Hemisphären. Die Projektion zur kontralateralen Hemisphäre, die erhöhte Faserzahl der gekreuzten Bahnen selbst und deren Endigungen im auditiven Kortex sind dabei stärker. (Schmidt, 1985; Schmidt und Thews, 1987)

Die These, daß die akustischen Informationen aus beiden Ohren in beiden cerebralen Hemisphären repräsentiert sind, aber das contralaterale Ohr, genauer, die Information aus dem (räumlich) kontralateralen Hörfeld (Phillips und Gates, 1982), dominant verarbeitet wird, speist sich wesentlich aus folgenden Begründungslinien:

1. Rosenzweig (1951) konnte schon früh bestätigen, daß sich die Größe corticaler Neuronenpopulationen im Kortex für das ipsilaterale und kontralaterale Ohr unterscheiden. Dieses Argument wurde bekräftigt, als man in Einzelzellableitungen im auditorischen Kortex verstärkte Erregung corticaler Neuronen durch monaural contralaterale Stimuli verglichen mit ipsilateralen fand (Phillips und Irvine, 1979, 1981; Benson und Teas, 1976; Brugge und Merzenich, 1973).
2. Sowohl beim Menschen, als auch beim Tier konnte gezeigt werden, daß sich die durch Töne evozierten Potentiale contralateral mit einer größeren Amplitude bei kürzeren Latenzzeiten abbilden (Panter et al., 1986; Majkowski et al., 1971; Celesia, 1976; Rosenzweig, 1951). Neurophysiologische Daten weisen darauf hin, daß diese corticalen Zellen durch Stimuli aus dem kontralateralen Hörfeld als räumlichem Ort stärker erregbar sind (Phillips und Irvine, 1981). Auch das Phänomen des auditorischen Neglect ist konsistent mit der Annahme, daß jede cerebrale Hemisphäre die räumlich-akustische Information von Stimuli des contralateralen Hörfeldes verarbeitet (Heilmann, 1979).
3. Neurologische Patienten wiesen die auditorische Erfahrung bei direkter elektrischer Stimulation des 'Superior Temporal Gyrus', der contralateralen Seite zu (Penfield und Perot, 1963).
4. Patienten mit einer unilateralen Temporallappen-Läsion zeigen eine verschlechterte Leistung für die Unterscheidung audioverbalen Materials, wenn die Stimuli dem contralateral zur Schädigung gelegenen Ohr präsentiert werden (Lynn und Gilroy, 1977). Derselbe Effekt wurde in dichotischen Höraufgaben gefunden (Hécaen und Albert, 1978; Kimura, 1961).

Diese Erfahrungen zugrundegelegt kann eine steigende bzw. sinkende Zahl korrekter Erstnennungen beim dichotischen Hörtest als eine steigende bzw. sinkende Fähigkeit der Verarbeitung verbalen Materials im auditiven Areal contralateral zum aufnehmenden Ohr interpretiert werden.

Die 'Aufmerksamkeits-Theorie' attribuiert den Ohrvorteil im Gegensatz zur Struktur-Theorie auf den Priming-Effekt des verbalen Materials (Kinsbourne, 1970, 1973, 1975). Kinsbourne nimmt eine Art 'Vorwärmung' der linken ('Sprach')-Hemisphäre bei Erwartung verbalen Materials an. Da aber ein REA für verbales Material gleichzeitig mit einem LEA für nicht-verbales Material gefunden wurde, geht Bryden (1988) davon aus, daß beide Erklärungsansätze für den dichotischen Lateralisierungseffekt Gültigkeit haben. Beide Ansätze stimmen darin überein, daß der Lateralisierungseffekt beim dichotischen Hören in der funktionalen Lateralisierung im Kortex seinen Ursprung nimmt. Eine topographische Zuordnung der sprachverarbeitenden Areale auf die beiden corticalen Hemisphären, und damit Rückschlüsse über den individuellen Grad der Lateralisierung würde aber demnach nur ein Struktur-Modell zulassen, welches die Stärke der Lateralisierung verbalen Materials auf die corticale Repräsentation desselben attribuiert. Im Aufmerksamkeits-Modell hängt der Grad der Lateralisierung dagegen stark von der 'Priming'-Fähigkeit' des verbalen Materials ab.

Auf das Problem, inwieweit die funktionale Lateralisierung die tatsächliche Situation in den Hemisphären widerspiegelt, d.h. Rückschlüsse auf die topographische Lage der Sprachareale zulassen, soll im folgenden noch eingegangen werden. Viele Untersuchungen testeten das dichotische Hören an Patienten mit unilateralen Gehirnläsionen. Linkshemisphärische Läsionen führen (übereinstimmend mit dem robusten REA bei gesunden rechtshändigen Probanden) zu einem LEA (Oscar-Berman, Zurif und Blumstein, 1975). Einige Arbeiten zeigten eine hohe Korrelation zwischen den EA im dichotischen Hören und neuroanatomischen und physiologischen Asymmetrien (Witelson, 1983, 1973 ; Strauss et al., 1985). Geffen und Caudry (1981) konnten nachweisen, daß 95% ihrer Versuchspersonen allein mit dem dichotischem Hörverfahren im Hinblick auf die Sprachlateralisierung richtig eingeschätzt wurden, d.h. daß das dichotische Hören eine valide, nicht-invasive Klassifikationsmöglichkeit zur Erfassung der Hemisphärenspezialisierung für Sprachfunktionen darstellt. Diese Daten legten nahe, das dichotische Hören als noninvasive Methode zur Bestimmung der Sprachlateralisierung zu verwenden und damit für die Zuordnung Ohr-Hemisphäre, sofern neben der Händigkeit der Versuchsperson, wodurch sich die Vorhersage entscheidend verbessern läßt (vgl. Bryden, 1988, S. 18ff), auch Einflüsse der Itemverarbeitung (Erst- versus Richtignennung: 'Reizleitung' versus Aufmerksamkeit, Gedächtnis) und kognitive Strategien der Aufmerksamkeitslenkung (Hugdahl und Andersson, 1986) berücksichtigt werden.

Der Nachweis funktionaler, cerebraler Asymmetrien in der Anatomie bleibt allerdings umstritten. In einer Autopsie-Studie fand Witelson (1982) eine Korrelation zwischen einer Hemisphärendominanz links (im dichotischen Hören, der Händigkeit und einem 'dot-tapping-test') und einem größeren linken Planum Temporale. Kertesz et al. (1986) verglichen die Lateralisierung im dichotischen Hören gegenüber 'in vivo'-anatomischen Asymmetrien in MRI-Messungen (Anterior-frontale Breite, Parietale Breite und Sulci-Demarkation). Es wurden in vier Blöcken mit je 30 Trials binaurale CV-Paare dargeboten. Die Autoren konnten für die Rechtshänder (fünf weibliche und fünf männliche) einen linkshemisphärischen Vorteil von 80% finden. Die Ergebnisse zeigten, daß die anatomischen Messungen mit den Tastleitungen der rechten und linken Hand am höchsten korrelierten. Eine ähnliche Korrelation konnte für den Ohr-/Hemisphärenvorteil beim dichotischen Hören nicht gefunden werden. Die funktionalen Hemisphärenunterschiede erwiesen sich gegenüber den morphologischen Asymmetrien als variabler. Der festgestellte Grad der individuellen Lateralisierung in Testaufgaben wie dem dichotischen Hören oder der tachistoskopischen Halbfeldpräsentation steht damit in Abhängigkeit zum Testmaterial, zu kognitiven Strategien und zur Aufmerksamkeit (Bryden et al. 1983, Hellige and Sergent, 1986).

Das dichotische Hörparadigma zeigt einen Rechtsohrvorteil für verbale Stimuli bei 70-85% der Rechtshänder (Kertesz, 1986). In Autopsie-Studien fand Witelson (1982) eine Korrelation zwischen linkshemisphärischer Dominanz (für dichotisches Hören, dominante Hand und finger tapping) und ein größeres Planum Temporale. Kertesz et al. (1986) gingen dem Struktur-Funktionszusammenhang nach: Sie fanden für 80 % der Rechtshänder (zehn Vpn) einen Rechtsohrvorteil. Am besten korrelierten die anatomischen Maße jedoch mit der Handleistung ('dot tapping task'). Wohl wurde bei den Rechtshändern ein größeres Planum Temporale gefunden, für den dichotischen Hörtest zeigte sich aber keine ähnliche Korrelation mit den anatomischen Maßen.

Die Mehrzahl der korrekten Erstnennungen von binaural, dem rechten und linken Ohr simultan dargebotenen Stimuli in dichotischen Hörtests spiegelt die relative Überlegenheit wieder, mit der rechte und linke auditorische Bahnen verbales Stimulusmaterial verarbeiten, d.h. die Entscheidung der Versuchsperson für die Erstnennung des zuerst gehörten von zwei simultan zugespilten Worten gibt das Maß für den relativen Leistungsvorteil der einen gegenüber der anderen Hemisphäre an.

5.1.3. Der dichotische Hörtest und der taktile Diskriminationstest im Vergleich

Kann das dichotische Hören den Grad der Lateralisierung messen?

Der 'Grad der Lateralisierung' kann sich hier nur auf den Grad der numerischen Überlegenheit an richtigen Wiedergaben des am einen Ohr gegenüber dem am anderen Ohr gehörten beziehen, da hier Methoden verwendet wurden, die weder eine direkte Aussage über die Aktivität der Hemisphären zulassen (wie etwa EEG, PET oder rCBF) noch die Hemisphären 'isoliert' voneinander betrachten (wie etwa bei unilateraler Injektion von Natrium Amytal oder bei Tests an Split-brain Patienten). Es handelt sich also mit Harshman und Lundy (1988, S.221) um den Grad der Lateralisierung in der Fähigkeit einer Person, die gegebenen Aufgaben zu bewältigen.

Es kommen nur zwei Methoden der Quantifizierung der dichotischen Wahrnehmungsasymmetrie in Frage, um zu einem 'Grad' der Asymmetrie zu gelangen. Zum einen der Prozentsatz an Gesamttrichignennungen des 'rechten Ohres' (der 'rechten Hand') und des 'linken Ohres' (der 'linken Hand'), d.h. an richtigen Wiedergaben des am rechten Ohr gehörten (POC). Zum anderen, die Berechnung des Lateralisierungsindex nach der Formel: 'rechtes Ohr' - 'linkes Ohr' : 'rechtes Ohr' + 'linkes Ohr' = LI = $r-l/r+l$

Können beide Tests im Hinblick auf den Grad der Lateralisierung, den sie messen, verglichen werden?

Testimmanent unterscheiden sich der dichotische Hörtest und der taktile Diskriminationstest. Fällt der dichotische Hörtest, indem er jeweils zwei Worte simultan binaural darbietet, '0-1' Entscheidungen, d.h. die Erstnennung des am einen Ohr gehörten macht die Nennung des am anderen Ohr gehörten notwendig zur Zweitnennung, so determiniert die taktile Entscheidung der einen 'Hand' noch nicht die Antwort der anderen. Im dichotischen Hörtest kann demnach nur '1-0' (Erstnennung links - Zweitnennung rechts) oder '0-1' (Erstnennung rechts - Zweitnennung links) gelten. Dagegen können für einen Meßzeitpunkt beide Items im taktilen Test richtig sein = '1-1' ('rechte Hand' richtig - 'linke Hand' richtig) und auch beide falsch = '0-0' ('rechte Hand' falsch - 'linke Hand' falsch) oder auch richtig und falsch = '0-1'; '1-0' ('rechte Hand' richtig - 'linke Hand' falsch und 'linke Hand' richtig - 'rechte Hand' falsch). Damit mißt der dichotische Hörtest die Ohrpräferenz, der taktile Test aber die diskriminative Leistungsfähigkeit der 'Hand'. Es handelt sich nicht nur um unterschiedliche Aufgaben, deren Lateralisierungsergebnisse verglichen werden sollen, sondern auch um die Übereinstimmung in den Lateralisierungen in der Zeit über Modalitäten hinweg.

Diese Voraussetzungen werden damit auch auf den angegebenen 'Grad der Lateralisierung' Einfluß nehmen, sofern man den einfachen POC berechnet. Dieses Problem entfällt mit der Errechnung des Lateralisierungsindex nach der oben angegebenen Formel $r-l/r+l$. Damit entstehen jeweils diskrete Werte, welche die Abhängigkeit der Variablen 'rechtes Ohr' und 'linkes Ohr' voneinander umgehen. Wir haben uns daher für den Lateralisierungsindex (LI) nach genannter Formel entschieden.

Die in diesem Abschnitt gestellte Frage betrifft aber auch die Vergleichbarkeit in der Verarbeitung lateralisiert dargebotener auditorischer und sensorischer Stimuli. Der Grad der Lateralisierung, der in beiden Paradigmen erzielt wird, sollte bei gesunden Rechtshändern asymmetrisch differieren. Wird im dichotischen Hörtest im allgemeinen von einem stabilen Rechts-Ohr-Vorteil ausgegangen, so sieht der Braille-Test (ohne semantische Komponente) bisher einen stabilen Linkshandvorteil vor.

Nach den, im folgenden aufgestellten Hypothesen, sollte der Linkshandvorteil zyklisch und zeitgleich mit dem Links-Ohr-Vorteil abnehmen und steigen. Das gleiche gilt für das 'rechte Ohr' und die 'rechte Hand'.

5.2. Hypothesen

Unter Annahme der ultradianen Aktivierung der cerebralen Hemisphären nach dem erweiterten BRAC-Modell, daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 90-120 Minuten mit dem periodischen gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht, und damit einen zyklisch alternierenden Wahrnehmungsvorteil von linkem und rechtem Ohr sowie linker und rechter Hand hervorruft, lautet die Fragestellung für die Experimentalgruppe *Dichotisches Hören*:

Kann die von der BRAC-Hypothese postulierte Variation der Leistung im ultradianen Zeitbereich anhand des dichotischen Hörparadigmas im Vergleich mit der taktilen Methode bestätigt werden?

Geprüft werden soll hier der Zusammenhang zwischen den Phasenverläufen von Erstnennungen im dichotischen Hören und Richtignennungen im taktilen Test. Bildet sich die Diskriminationsfähigkeit der rechten Hand (linke Hemisphäre) in Phase mit dem Wahrnehmungsvorteil des rechten Ohres (linke Hemisphäre) ab?

1. Die Haupthypothese postuliert, daß die Anzahl der Erstnennungen von dem rechten gegenüber dem linken Ohr präsentierten Worten sowie der rechten gegenüber der linken Hand präsentierten taktilen Stimuli zyklisch alterniert, d.h., daß sich die Leistungsmaxima 'rechts' gegen 'links' phasenverschoben zeigen und sich der Wechsel dieses Wahrnehmungsvorteils im 80-120 Minuten-Zyklus vollzieht.

Die Operationalisierung dieser Leistungszyklen erfolgt über die Quotientenbildung und die Bildung der Lateralitätsindizes der gemessenen Anzahl der richtigen Erstnennungen zwischen rechtem und linkem Ohr und zwischen rechter und linker Hand in viertelstündlichen Messungen über acht Stunden hinweg.

Für den Zusammenhang zwischen den Phasenverläufen von Erstnennungen im dichotischen Hören und Richtignennungen im taktilen Test werden weiterhin folgende Teilhypothesen aufgestellt:

2. Die Diskriminationsfähigkeit der rechten Hand bildet sich in Phase mit dem Wahrnehmungsvorteil des rechten Ohres ab. Dementsprechend bildet sich die Diskriminationsfähigkeit der linken Hand in Phase mit dem Wahrnehmungsvorteil des linken Ohres ab. Die Operationalisierung dieser Hypothese erfolgt über die steigende und fallende Anzahl der Richtignennungen im taktilen Test im Phasenvergleich mit der steigenden und fallenden Anzahl der richtigen Erstnennungen im dichotischen Hörtest.

3. Die verbale Aufgabe wird in Phasen verbesserter rechtshändiger Diskrimination besser bewältigt werden können als in Phasen verbesserter linkshändiger Diskrimination. Die Operationalisierung dieser Hypothese erfolgt über die Anzahl von Richtignennungen in der taktilen Testleistung von rechter und linker Hand verglichen mit der Wahrnehmungskurve der gesamten Anzahl an Richtignennungen des dichotischen Hörens im Zeitverlauf.

5.3. Versuchsplan und Datenerhebung

Die Datenerhebung mittels des dichotischen Hörverfahrens und des taktilen Diskriminationstests (Braille) an studentischen Probanden erfolgte im Sommer 1994 unter Laborbedingungen. Den Probanden wurden für die Teilnahme am Experiment studiumsrelevante Versuchspersonenstunden gutgeschrieben.

5.3.1. Fragebogen und Instruktion

Zunächst füllten die Probanden (n= 19) Fragebögen zu persönlichen Daten, zur Muttersprache und zur Händigkeit aus. Die laterale Präferenz wurde basierend auf dem erweiterten Selbsteinschätzungsfragebogen nach Coren et al. (1979) und dem Edinburgh Händigkeitsinventar nach Oldfield (1971) erhoben. Mit Hilfe dieses Verfahrens wurde nicht nur die Seitenpräferenz von Hand, Fuß, Auge und Ohr der Versuchsperson erfragt, sondern auch die Händigkeit der Verwandten ersten Grades erfaßt. Zwölf der an dieser Studie teilnehmenden Versuchspersonen hatten ausschließlich rechtshaendige Verwandte ersten Grades. Eine Versuchsperson dieser Gruppe hatte einen linkshändigen Verwandten ersten Grades. Eine weitere Versuchsperson hatte eine beidhändige Verwandte ersten Grades. Die Probanden, für die sich zu über 70% eine Präferenz der rechten Seite ergab, wurden als rechtshändig bezeichnet. Die Seitenpräferenz in dieser Gruppe variiert zwischen 71% und 100 %. Im Mittel weist die Gruppe *Dichotisches Hören* eine Seitenpräferenz

von 91% 'rechts' auf. Nach diesem Kriterium konnten alle 14 an der Studie beteiligten Probanden als Rechtshänder klassifiziert werden.

Danach wurden die Versuchspersonen mit dem bevorstehenden Experiment und der eingesetzten Apparatur vertraut gemacht. Die Instruktion erfolgte mündlich.

5.3.2. Versuchspersonen

Die Stichprobe der Gruppe *Dichotisches Hören* umfaßte 14 Versuchspersonen. Sieben weibliche und sieben männliche Studentinnen und Studenten der Psychologie an der Universität Konstanz im Alter zwischen 21 und 45 Jahren ($M=26.6$; $SD 6.26$). Alle Probanden der Stichprobe nannten deutsch als ihre Muttersprache. Die Versuchspersonen gaben an, keine ihnen bekannten Hörfehler zu haben.

Keine der Versuchspersonen wußte um das theoretische Konzept der Studie oder hatte Informationen über Hypothesen bezüglich der Experimente. Während der Versuchsdurchführung erhielten die Teilnehmer keinerlei Rückmeldungen über ihre Antworten.

Alle Probanden fühlten sich zum Zeitpunkt der Erhebung gesund und nahmen keine (versuchsrelevanten) Medikamente. Am Untersuchungstag herrschte ein striktes Alkoholverbot.

5.3.4. Stimulusmaterial

Gemäß der Arbeiten von Baschek, Bredenkamp, Oehrle und Wippich (1977), sowie Gilhooly und Logie (1980) wurden die 86 einsilbigen Substantive des deutschen Wortschatzes zur Erstellung der Wortlistenpaare ausgewählt.

Die Dichotische Reizdarbietung erfordert ein spezielles Aufnahmeverfahren, das am neuropsychologischen Institut der Universitätsklinik Zürich/Schweiz zur Verfügung stand (IBM-PC/XT mit mathematischem Coprozessor; Software-Programm von R. Graves). Die 86 Wörter wurden einem Analog-Digital-Wandler (DT 2805) vorgespielt, der diesen verbalen Input in die jeweiligen Frequenzanteile zerlegte. Die Frequenzerlegung erfolgte in einem Frequenzbereich bis 1600 Hz/60 dB, die Wortlänge wurde auf 500 msec begrenzt. Durch die anschließende binaurale Darbietung (Stereokopfhörer) mit oszilloskopischer Kontrolle wurde sichergestellt, daß die einzelnen Substantive auf beiden Kanälen hinsichtlich Artikulation, Identifizierbarkeit, simultanem Wortbeginn bzw. synchronem Wortende miteinander vergleichbar waren. Zuletzt konnten zufällig einander zugeordnete Wörter paarweise abgespeichert und auf einen Tonträger als endgültiges Stimulusmaterial überspielt werden (Schilling, 1989). Bezüglich der phonetischen Struktur entsprachen alle Substantive dem Muster Konsonant-Vokal-Konsonant (CVC), die Bestandteile eines jeden Wortpaares hatten jedoch unterschiedliche phonetische Betonungen (z.B. Berg/Turm). Die Versuchsdurchführung fand in einem schalldämpften Raum statt. Die 86 Worte wurden in acht Wortlisten zu je 40 synchronisierten Wortpaaren zusammengefaßt, die mit einem Interstimulusintervall (ISI) von vier Sekunden dargeboten wurden. Mit einem Tonbandgerät (Revox A 700) wurden die Stimuli über einen Caroline-Stereokopfhörer binaural simultan dargeboten. Jedes Substantiv wurde während eines Durchführungsblocks nur einmal dargeboten, entweder dem rechten oder dem linken Ohr.

Taktile Test (Vgl. Kapitel 4), Studie I.)

5.3.5. Versuchsablauf

Am Beginn einer jeden Testeinheit absolvierte die Versuchsperson den taktilen Test nacheinander mit beiden Händen in einem selbstgewählten Zeitraum, der sich je nach Bedarf auf einen Zeitraum zwischen ca. vier und sieben Minuten erstreckte, um beide Karten abzutasten, und im Anschluß daran erfolgte ein dichotischer Hördurchgang von ca. drei Minuten. Zwischen den einzelnen Experimentaldurchgängen verblieben etwa fünf Minuten, die den Versuchspersonen zur freien Verfügung standen. Die Versuchsperson wurde allerdings gebeten, während der Pausen nicht zu lesen. Um Langweile zu vermeiden war es jedoch gestattet, Gespräche zu führen, während der Pausen zu essen oder zu rauchen.

Die Pausen waren über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg für alle Versuchspersonen ausreichend bemessen, so daß während der Durchführung keine zusätzlichen Unterbrechungen, z.B. wegen Konzentrationsmängeln oder Ermüdungserscheinungen, nötig waren.

An einem Versuchstag wurde immer nur eine Person getestet. Außer der Versuchsleiterin war für diese acht Stunden keine andere Person längere Zeit im Laborraum anwesend.

Da die ultradiane Rhythmik eine Zyklizität von etwa 1,5-4 Stunden Dauer aufweist, wurde für die vorliegende Untersuchung ein Beobachtungszeitraum gewählt, der ein Vielfaches davon darstellt. Über einen Zeitraum von acht Stunden hinweg erfolgte kontinuierlich in 15-Minutenintervallen die Durchführung der Wahrnehmungsexperimente. Eine achtstündige Versuchssitzung bestand damit aus 32 Durchgängen. Während eines Versuchsdurchganges hörte die Versuchsperson 40 Substantivpaare. Nach jedem achten Durchgang bzw. jeder achten Wortliste wurden die Kanäle des Kopfhörers vertauscht. Die Worte eines Paarlings, die zuvor dem rechten Ohr (rechter Kanal) zugespielt wurden (Form A), waren für die folgenden acht Durchgänge auf dem linken Ohr (linker Kanal) zu hören (Form B); analog dazu waren die die Worte des linken Ohres (linker Kanal) bei Form B jetzt auf dem rechten Ohr (rechter Kanal) zu hören. Die Aufgabe der Versuchspersonen bestand darin, die über Kopfhörer eingespielten Worte sofort und spontan nach jedem einzelnen Wortpaar wiederzugeben. Der Versuchsleiter notierte simultan zur Experimentdurchführung die von den Versuchspersonen vollständig und unvollständig (nur ein Wort des Paarlings) wiedergegebenen Wortpaare, differenziert nach korrekten Erst- und Zweitnennungen, Falschnennungen und synonymen Benennungen. Die Versuchspersonen erhielten keinerlei Rückmeldungen über ihre Antworten.

5.4. Datenverarbeitung

5.4.1. Rohdatenaufbereitung

Alle Auswertungsschritte bezogen sich ausschließlich auf korrekte Erstnennungen. Für das Vorhandensein einer korrekten Erstnennung mußte jedes Wort- bzw. Bildpaar vollständig und richtig benannt werden, da bei unvollständiger Wiedergabe eines Paarlings nicht eindeutig entschieden werden kann, ob die beabsichtigte bilaterale Projektion des Reizmaterials stattgefunden hatte.

5.4.2. POC und Lateralisierungsindex

Als erster Auswertungsschritt erfolgte eine Quotientenbildung aus den korrekten Erst- und Zweitnennungen (Rohwerte) der Zeitreihen. Getrennt nach akustischen (RO und LO) Halbfeldern wurden für jeden einzelnen Versuchsdurchgang je ein Quotient QRE für das rechte (RO) sowie ein Quotient QLI für das linke (LO) berechnet. In einer Zeitreihe dargestellt spiegeln diese Quotienten das relative Dominanzverhältnis von rechtem Ohr (RO) zu linkem Ohr (LO) über alle Messzeitpunkte hinweg wieder, d.h. den Prozentsatz an Gesamttrichtignennungen des einen Ohres gegenüber dem anderen. Für die korrekten Erstnennungen wurden schließlich individuelle Lateralisierungs-Indizes nach der Formel: $LI = (X_r - X_l) / (X_r + X_l) \times 100$ errechnet, die den prozentualen Grad der Lateralisierung angeben.

5.5. Ergebnisse

5.5.1. Lateralisierungsindizes der Hörleistung

Tabelle 9: Lateralisierungsindizes für die Mittelwerte aus 8-Stunden dichotischem Hören in Prozentwerten

	Vpn	r/r+l*100= % Nennungen rechts	l/r+l*100= % Nennungen links	LI der Ohren*100
1	fem DASTM f	30.31	69.69	-39.38
2	fem DBRIB f	61.23	38.77	22.46
3	fem DDANT f	66.74	33.26	33.48
4	fem DMANL f	55.56	44.43	11.13
5	fem DSILH f	33.41	66.59	-33.18
6	fem DSIML f	50.18	49.82	0.36
7	fem DSUSS f	58.47	41.53	16.94
8	male DINGK m	56.41	43.59	12.82
9	male DJUEK m	47.54	52.46	-4.92
10	male DNORM m	67.80	32.20	35.60
11	male DPAUP m	52.93	47.07	5.86
12	male DRALT m	49.59	50.41	-0.82
13	male DSTEK m	55.17	44.83	10.34
14	male DTORJ m	55.12	44.88	10.24

Bezogen auf die individuelle Gesamtsumme der genannten Items ergibt sich folgendes:

Vier Personen (29%) einen Linksohrvorteil: Zwei Frauen mit einem mittleren Wert von 68.14% Nennungen für das 'linke Ohr' und zwei Männer mit 51.44% Nennungen links. Zehn Personen (71%) zeigen den erwarteten Rechtsohrvorteil mit einem mittleren Wert von 58.44% an Rechtsohr-Nennungen für die fünf Frauen und einem mittleren Wert

von 57.49% an Nennungen rechts für die fünf Männer. Der LEA der beiden Frauen ist gegenüber dem der beiden Männer stärker, ebenso ist der REA der fünf Frauen gegenüber dem der fünf Männer stärker. Der prozentuale Grad der Lateralisierung der sieben Frauen liegt bei: Mittelwert 'rechtes Ohr' = 50.84 (13.946 SD). Der prozentuale Grad der Lateralisierung der sieben Männer liegt bei: Mittelwert 'rechtes Ohr' = 54.94 (6.520 SD). Der prozentuale Grad der Lateralisierung für alle 14 Personen dieser Gruppe liegt im Mittel für das 'rechte Ohr' bei 52.890 (10.672 SD). Der Lateralisierungsindex ergibt für die Frauen einen mittleren REA von 1.687% (27.893 SD), für die Männer einen mittleren REA von 9.874% (13.040 SD). Die Männer sind damit leicht stärker mit einem REA lateralisiert, was sich aber statistisch auf die Verteilung der Gruppen nicht bedeutsam auswirkt ($p = 0.499$; Wilkoxon-Rangsummen-Test). Zwei der sieben Frauen (29%) zeigen mit -39.38% und -33.18% einen deutlichen LEA. Ebenso zeigen zwei der sieben Männer (29%) mit -4.92% und -0.82 einen leichten LEA. Was sich wie oben beschrieben auf den Mittelwert für den LI auswirkt.

5.5.2. Seiten-Quotienten der Hörleistung

Tabelle 10: QRE und QLI für die Mittelwerte aus 8-Stunden dichotischem Hören in Prozentwerten

	Vpn	r/40*100= % Nennungen rechts	l/40*100= % Nennungen links	r-l/40*100= Quotient % Nennungen	
1	fem	DASTM	28.9	66.45	-37.55
2	fem	DBRIB	50.7	32.1	18.6
3	fem	DDANT	46.4	23.13	23.27
4	fem	DMANL	49.93	39.93	10.00
5	fem	DSILH	24.83	49.48	-24.65
6	fem	DSIML	31.95	31.73	0.22
7	fem	DSUSS	44.45	31.58	12.87
8	male	DINGK	40.9	31.6	9.3
9	male	DJUEK	42.28	46.65	-4.37
10	male	DNORM	41.8	19.85	54.88
11	male	DPAUP	35.23	31.33	3.9
12	male	DRALT	36.2	36.8	-0.6
13	male	DSTEK	46.33	37.65	8.68
14	male	DTORJ	43.05	35.05	8

Bezogen auf die binaural dargebotenen 40 Items ergibt sich: Der prozentuale Grad der Gesamttrichtignennungen der sieben Frauen bezogen auf die Gesamtzahl der dargebotenen Items zeigt sich mit dem Mittelwert für das 'rechte Ohr' = 39,59 (10.73 SD) damit schwächer als der individuelle Lateralisierungsgrad. Dieser Trend gilt auch für die Männer: Mittelwert 'rechtes Ohr' = 40.89 (3.491 SD). Für alle 14 Personen dieser Gruppe ergibt sich nach diesem Kriterium ein Mittelwert von 40.211% (7.782 SD) für das 'rechte Ohr'. Damit ergibt sich für dieses Kriterium für die Frauen ein POC mit 0.394% (22.984 SD) und für die Männer mit 11.399% (19.844 SD). Nach dem Wilkoxon Rangsummen-Test unterscheidet sich der Prozentsatz an Gesamttrichtignennungen des rechten gegenüber dem linken Ohr von Männern und Frauen auch bezogen auf die Gesamtzahl der jeweils dargebotenen Items mit $p = .866$ nicht voneinander.

5.5.3. Mittelwertsvergleich der Hörleistung des rechten und linken Ohres

Tabelle 11 Mittelwertsvergleich zwischen rechtem und linkem Ohr (univariate Varianzanalyse):

	Vpn	p	LI der Ohren*100	r-l/40*100= Quotient % Nennungen	
1	fem	DASTM	<.0001*	-39.38	-37.55
2	fem	DBRIB	<.0001*	22.46	18.6
3	fem	DDANT	<.0001*	33.48	23.27
4	fem	DMANL	.0021*	11.13	10.00
5	fem	DSILH	<.0001*	-33.18	-24.65
6	fem	DSIML	.9018	0.36	0.22
7	fem	DSUSS	<.0001*	16.94	12.87
8	male	DINGK	.0044*	12.82	9.3
9	male	DJUEK	.1042	-4.92	-4.37
10	male	DNORM	.0001*	35.60	54.88
11	male	DPAUP	.0823	5.86	3.9
12	male	DRALT	.7630	-0.82	-0.6
13	male	DSTEK	.0010*	10.34	8.68
14	male	DTORJ	.0027*	10.24	8

Zehn Personen zeigen einen signifikanten Unterschied, der bei acht Personen auf einen signifikanten Rechtsohrvorteil, bei zwei Personen auf einen signifikanten Linksohrvorteil zurückzuführen ist. Für vier Personen ergibt sich kein

signifikanter Ohrvorteil. Der Rechtsohrvorteil, der sich über die Gruppe insgesamt ergibt, ist im Mittelwertsvergleich für die Leistung von rechtem und linkem Ohr statistisch signifikant: $p < .0001$.

5.5.4. Lateralisierungsindizes der Tastleistung

Tabelle 12: Lateralisierungsindizes für die Mittelwerte aus 8-Stunden taktilem Diskriminationstest in Prozentwerten

	Vpn		$r/r+1*100=$ % Richtignennungen	$l/r+1*100=$ % Richtignennungen	%LI= $r-l/r+1*100$
1	fem	DASTM	53.584	46.416	7.168
2	fem	DBRIB	48.86	51.14	-2.298
3	fem	DDANT	51.47	48.53	2.939
4	fem	DMANL	51.23	48.77	2.481
5	fem	DSILH	47.89	52.11	-4.219
6	fem	DSIML	52.44	47.56	4.848
7	fem	DSUSS	51.16	48.84	2.334
8	male	DINGK	48.35	51.65	-3.316
9	male	DJUEK	52.30	47.70	5.210
10	male	DNORM	47.95	52.05	-4.102
11	male	DPAUP	52.34	47.66	4.678
12	male	DRALT	48.34	51.66	-3.324
13	male	DSTEK	49.19	50.81	-1.689
14	male	DTORJ	49.69	50.31	-0.614
		Gesamt	50.342	49.658	0.721

Für die sieben Frauen ergibt sich im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel ein leichter Rechtshandvorteil: Mittelwert = 1.893% (3.939 SD). Dagegen ergibt sich für die sieben Männer im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel ein leichter Linkshandvorteil: Mittelwert -0.451 (3.867 SD). Sieben Personen (50%) zeigen einen leichten Linkshandvorteil in der Tastleistung, der gegenüber dem Rechtshandvorteil der anderen sieben Personen schwächer ausfällt. Der mittlere Grad der Lateralisierung über die ganze Gruppe ergibt mit Mittelwert 0.721% (3.942 SD) und damit insgesamt einen leichten Rechtshandvorteil.

5.5.5. Mittelwertsvergleich der Tastleistung der rechten und linken Hand

Tabelle 13: Mittelwertsvergleich zwischen rechter und linker Hand (univariate Varianzanalyse):

	Vpn	p	
1	fem	DASTM	0.0016*
2	fem	DBRIB	0.2100
3	fem	DDANT	0.0329*
4	fem	DMANL	0.2263
5	fem	DSILH	0.0806 (Trend)
6	fem	DSIML	0.0089*
7	fem	DSUSS	0.1628
8	male	DINGK	0.0035*
9	male	DJUEK	0.0308*
10	male	DNORM	0.0570 (Trend)
11	male	DPAUP	0.1538
12	male	DRALT	0.1915
13	male	DSTEK	0.0495*
14	male	DTORJ	0.7153

Sechs Personen zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Händen, der bei vier Personen auf einen signifikanten Rechtshandvorteil zurückzuführen ist, bei zwei Personen auf einen signifikanten Linkshandvorteil. Der leichte Rechtshandvorteil, der sich über die Gruppe insgesamt ergibt, ist jedoch zu schwach, um im Mittelwertsvergleich für die Leistung der rechten und linken Hand einen statistisch signifikanten Unterschied zu ergeben ($p = .3785$). 'Rechte' und 'linke Hand' unterscheiden sich damit - über die Gruppe betrachtet - nicht.

5.5.6. Korrelationen zwischen den Tast- und Hörzeitreihen

Tabelle 14: Korrelationen (Pearson) zwischen den Zeitreihenverläufen der korrekten Erstnennungen 'Ohr' und der Richtignennungen 'Hand'

	Vpn		'rechte Hand' - 'rechtes Ohr'	'linke Hand' - 'linkes Ohr'
1	fem	DASTM	-0.052	-0.134
2	fem	DBRIB	-0.027	-0.163
3	fem	DDANT	+0.063	-0.137
4	male	DINGK	+0.326	+0.012
5	male	DJUEK	+0.245	-0.089
6	fem	DMANL	-0.015	+0.132
7	male	DNORM	+0.178	+0.140
8	male	DPAUP	-0.301	+0.220
9	male	DRALT	-0.007	+0.004
10	fem	DSILH	+0.122	+0.187
11	fem	DSIML	+0.041	+0.114

12	male	DSTEK	-0.0201	-0.056
13	fem	DSUSS	-0.491 p<0.004*	+0.160
14	male	DTORJ	-0.010	-0.086

Tabelle 15:

Korrelationen zwischen den Zeitreihen: 'rechtes Ohr' - 'linkes Ohr' und 'rechte Hand' - 'linke Hand'

	SUBJECT	'rechtes Ohr' - 'linkes Ohr'	'rechte Hand' - 'linke Hand'
1	fem	DASTM -0.785 p<0.0001*	+0.037
2	fem	DBRIB -0.465 p<0.0073*	+0.075
3	fem	DDANT -0.121 p<.5113	+0.178
4	male	DINGK -0.356 p<.1038	+0.082
5	male	DJUEK -0.753 p<.0001*	-0.032
6	fem	DMANL -0.846 p<.0001*	+0.062
7	male	DNORM -0.698 p<.0001*	+0.190
8	male	DPAUP -0.545 p<.0012*	+0.572 p<.0006*
9	male	DRALT -0.498 p<.0038*	-0.264
10	fem	DSILH -0.144 p<.4661	+0.145
11	fem	DSIML -0.336 p<.0600* (Trend)	+0.129
12	male	DSTEK -0.389 p<.0276*	-0.065
13	fem	DSUSS -0.248 p<.1706	-0.084
14	male	DTORJ -0.534 p<.0016*	-0.175

Im korrelativen Vergleich 'rechtes Ohr' - 'linkes Ohr' ergibt sich für alle Versuchspersonen ein negativer Zusammenhang [$(df= 489)$, $r = -.360$, $p < .0001$]. Dies spiegelt zunächst nur die Eigenschaften des dichotischen Hörtests wieder.

Steigen die Erstnennungen einer Seite müssen die der anderen Seite notwendig fallen. Nur die Stärke dieser Ausprägung ist unabhängig von den Testeigenschaften. Unter Berücksichtigung dieser Abhängigkeit kann hier nur der *Grad* des negativen Zusammenhangs über einen tatsächlichen Interohrwechsel entscheiden. Für neun Personen (drei Frauen, sechs Männer) dieser Gruppe (64%) zeigt sich eine signifikante Gegenphasigkeit der Zeitreihen 'Ohren'; bei einer weiteren Person zeigt sich ein Trend zur Gegenphasigkeit.

Für den korrelativen Vergleich 'rechte Hand' - 'linke Hand' gilt dies nicht. Hier können die Richtignennungen der 'linken Hand' und der 'rechten Hand' unabhängig voneinander steigen und fallen. Bei nur 7% korrelieren die Phasenverläufe der Hände signifikant. Insgesamt zeigt sich für neun Personen ein positiver und für nur fünf Personen ein negativer Phasenzusammenhang. Für nur 14% der weiblichen Versuchspersonen ergibt sich ein negativer Phasenzusammenhang zwischen der Diskriminationsleistung der rechten und linken Hand (eine von sieben Personen). Dagegen zeigen 57% der männlichen Versuchspersonen einen negativen Phasenzusammenhang (vier von sieben Personen). Das bedeutet: 64% der Versuchspersonen dieser Gruppe zeigen einen positiven Phasenzusammenhang für den Zeitreihenverlauf von rechter und linker Hand. Nur in einem Fall ist dieser Zusammenhang signifikant positiv.

5.5.7 Vergleich der Lateralisierung zwischen dichotischem Hörtest und taktile Diskriminationsaufgabe

Tabelle 16: Vergleich der mittleren Lateralisierung zwischen Dichotischem Hörtest und taktile Diskriminationsaufgabe

	Vpn	re Hand	li Hand	re Ohr	li Ohr	Lat. Index	Lat. Index	
						Hände	Ohren	
		Richtig-nennungen	Richtig-nennungen	Erst-nennungen	Erst-nennungen			
		Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert			
1	fem	DASTM	12.39	10.73	11.56	26.58	.072	-.394
2	fem	DBRIB	13.25	13.87	20.28	12.84	-.023	.225
3	fem	DDANT	15.89	14.98	18.56	9.25	.029	.335
4	fem	DMANL	12.87	12.25	19.97	15.97	.025	.111
5	fem	DSILH	10.44	11.37	9.93	19.79	-.043	-.332
6	fem	DSIML	11.52	10.45	12.78	12.69	.049	.004
7	fem	DSUSS	14.34	13.69	17.78	12.63	.023	.169
8	male	DINGK	13.73	14.59	16.36	12.64	-.030	.128
9	male	DJUEK	11.38	10.25	16.91	18.66	.052	-.049
10	male	DNORM	11.69	12.69	16.72	7.94	-.041	.356
11	male	DPAUP	11.19	10.19	14.09	12.53	.047	.059
12	male	DRALT	10.91	11.66	14.48	14.72	-.033	-.008
13	male	DSTEK	15.81	16.33	18.53	15.06	-.016	.103
14	male	DTORJ	11.36	11.50	17.22	14.02	-.006	.102

Nachfolgende Abbildung 19 macht den Unterschied in der Lateralisierung zwischen den beiden verschiedenen Wahrnehmungstests deutlich:

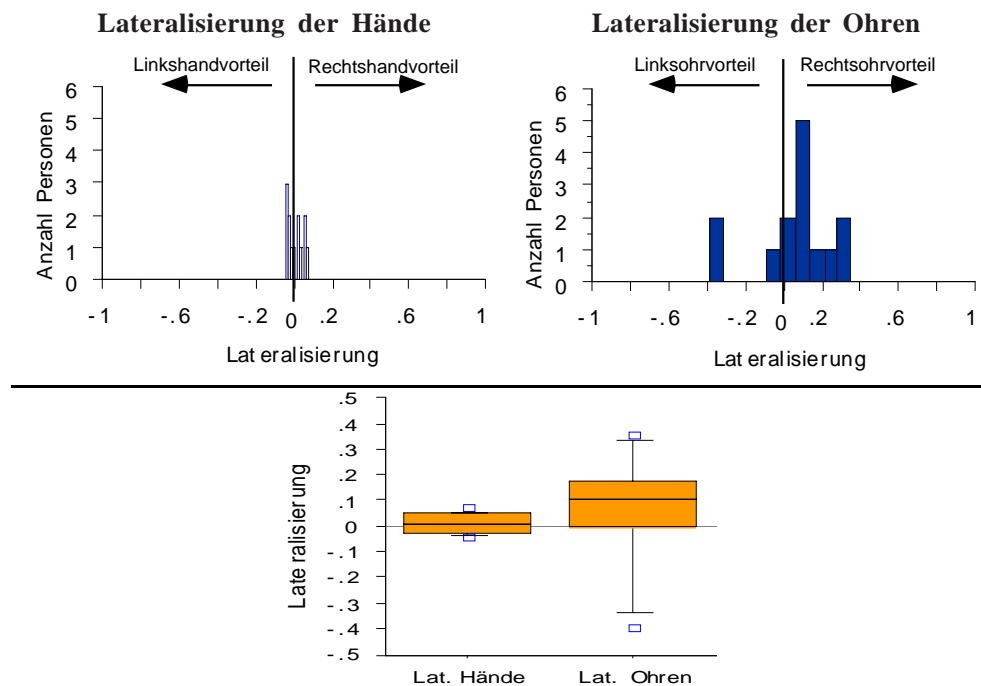


Abb. 18 : In der dichotischen Höraufgabe gibt es Personen, die bis zu 0.4 positiv oder negativ lateralisiert sind, d.h. bis zu 70% der Erstnennungen können von einem bestimmten Ohr stammen. Dies ergibt dann einen deutlichen Rechts-oder Linksohrvorteil. Das Histogramm zeigt, daß 71% der Versuchspersonen eine Rechtsohrüberlegenheit aufweisen. In der taktilen Aufgabe dagegen gruppieren sich die Personen eng um den 0-Punkt und zeigen damit trotz der Unterschiede keinen ausgeprägten Handvorteil.

5.5.8. Prüfung der Phasenübereinstimmung zwischen der Ohr-Hand Lateralisierung

Tabelle 17: Prüfung der Phasenübereinstimmung zwischen der Ohr-Hand Lateralisierung

	Vpn	Korrelation	p
1	fem DASTM f	-.501	.0004
2	fem DBRIB f	.451	.0019
3	fem DDANT f	-.395	.0075
4	fem DMANL f	.261	.0872
5	fem DSILH f	.432	.0049
6	fem DSIML f	.438	.0026
7	fem DSUSS f	.240	.1023
8	male DINGK	.528	.0011
9	male DJUEK	.419	.0042
10	male DNORM	.745	<.0001
11	male DPAUP	.230	.1339
12	male DRALT	.346	.0207
13	male DSTEK	.558	<.0001
14	male DTORJ	-.200	.2441

Elf von 14 Versuchspersonen (**neun** davon signifikant positiv = **64%**) dieser Gruppe zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen den Lateralisierungsverläufen der Ohren und Hände. Nur zwei Personen (=14%) zeigen einen signifikant negativen Phasenzusammenhang). Damit zeigen **drei** (=21%) Personen **keinen signifikanten Zusammenhang** zwischen diesen Variablen.

Gleichzeitig zeigt sich, daß weder der Ohrvorteil, noch der Handvorteil über die Zeit stabil bleiben, sondern beide Fluktuationen im ultradianen Zeitbereich unterliegen.

Die nachfolgenden Abbildungen sollen die verschiedenen Phasenzusammenhänge veranschaulichen. Um einen besseren optischen Vergleich zu gewährleisten, wurde der Lateralisierungsverlauf des taktilen Tests, welcher sehr viel geringere Amplituden aufweist, auf denselben Maßstab wie der des dichotischen Hörens gebracht.

Im folgenden werden drei Beispiele für den Vergleich des Verlaufes der Lateralisierung zwischen dichotischem Hörtest und taktile Diskriminationsaufgabe gegeben. Helle Flächen bilden dabei den Lateralisierungsverlauf des dichotischen Hörens um den eigenen Mittelwert ab, dunkle Flächen den des taktilen Diskriminationsverlaufes.

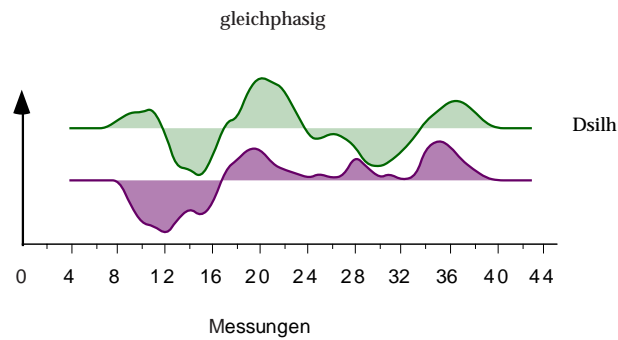


Abb. 19 Die Abbildung zeigt einen positiven Zusammenhang zwischen den Leistungsumschwüngen des dichotischen Hörens und denen des taktilen Tests

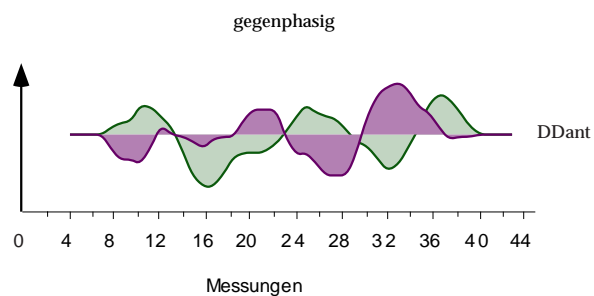


Abb. 20 Die Abbildung zeigt einen negativen Zusammenhang zwischen den Leistungsumschwüngen des dichotischen Hörens und denen des taktilen Tests

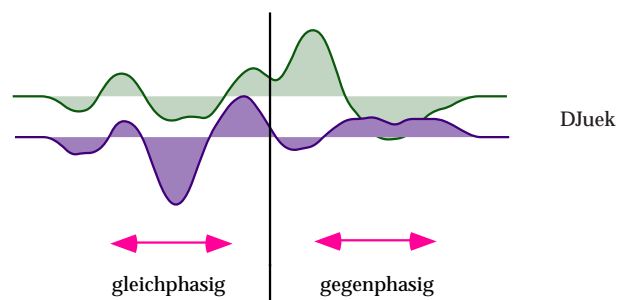


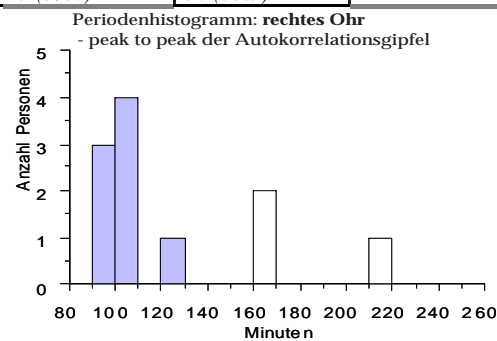
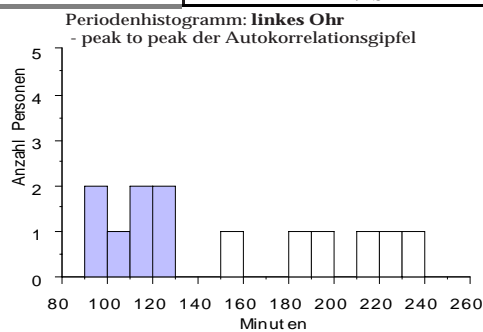
Abb. 21 Die Abbildung zeigt, daß sich der Phasenzusammenhang über die Zeit in sein Gegenteil verkehren kann. Versuchsperson Djuek zeigt zuerst eine Gleichphasigkeit, die sich nach ca. vier Stunden in eine eher Gegenphasigkeit umkehrt.

5.5.9. Histogramme der Periodenintervalle der rechts-und linksseitigen Oszillation der dichotischen Hörleistung

Tabelle 18: Periodenintervalle der dichotischen Hörleistung

Berechnet wurden die Distanzen zwischen den Maxima der positiven Autokorrelationswerte für das 'rechte' und 'linke Ohr' in Minuten. Drei Personen bestanden den White-Noise-Test ihrer Autokorrelation der dichotischen Hörleistung des rechten Ohres nicht; eine Person für das linke Ohr.

Vpn			'rechtes Ohr'	'linkes Ohr'
1	f	DASTM	105	120
2	f	DBRIB	105	105
3	f	DDANT	120	225
4	f	DMANL	90	150
5	f	DSILH	210	120
6	f	DSIML	105	/
7	f	DSUSS	165	210
Median / M			105 (128.6)	135(155)
MAD / SD			15 (43.2)	22.5 (50.8)
8	m	DINGK	/	180
9	m	DJUEK	165	240
10	m	DNORM	90	90
11	m	DPAUP	/	195
12	m	DRALT	105	112.5
13	m	DSTEK	90	112.5
14	m	DTORJ	/	90
Median / M			97.5 (112.5)	112.5(145.7)
MAD / SD			7.5 (35.7)	22.5 (59.1)
Gesamt Median / M			105 (122.7)	120 (150)
MAD / SD			15 (39.6)	30 (53.3)



From (≥)	To (<)	Count
90	100	2
100	110	1
110	120	2
120	130	2
130	140	0
140	150	0
150	160	1
160	170	0
170	180	0
180	190	1
190	200	1
200	210	0
210	220	1
220	230	1
230	240	1
Total		13

From (≥)	To (<)	Count
90	100	3
100	110	4
110	120	0
120	130	1
130	140	0
140	150	0
150	160	0
160	170	2
170	180	0
180	190	0
190	200	0
200	210	0
210	220	1
220	230	0
230	240	0
Total		11

Abb. 22 zeigt die Histogramme für die Periodenintervalle der Leistungsgipfel in Minuten. Balken, die innerhalb des BRAC-Zeitbereiches liegen sind farblich herausgehoben.

Die dichotische Hörleistung des rechten Ohres oszilliert bei den meisten Personen dieser Gruppe (acht Personen = 57%) **im Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC-Bereich**. Die Periodenlänge der Hörleistung des rechten Ohres liegt bei zwei Personen zwischen 160-170 Minuten und nur eine Person zeigt eine Frequenz von 220 Minuten. **Drei Versuchspersonen zeigen keine systematischen Schwingungen für das 'rechte Ohr'**.

Insgesamt ergibt sich für das **'rechte Ohr'** im Median eine Zyklizität von **105 Minuten = 1.75 Std. = 13.7 Z/T**.

Demgegenüber zeigen sich für das 'linke Ohr' Oszillationen, deren Frequenzen breit im ganzen Bereich zwischen 90-240 Minuten streuen. Allerdings liegen auch hier sieben Personen (**50%**) im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC-Bereich. Ein Proband zeigt keine systematischen Schwingungen für das 'linke Ohr'**. Die andere Hälfte dieser Gruppe zeigt für die korrekten Erstnennungen des linksseitig gehörten Materials eine Zyklizität die im langsameren Frequenzbereich liegt.

Insgesamt ergibt sich für das 'linke Ohr' im Median eine Zyklizität **120 Minuten= 2 Std.= 12 Z/T.**

Trotz der anscheinenden Verteilungsdifferenzen unterscheiden sich die beiden Verteilungen statistisch nicht (Wilcoxon Signed Rank: $p = .1235$; $Z = -1.540$)

5.5.10.

Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der **dichotischen Hörleistung** zwischen rechtem und linkem Ohr

Drei männliche Versuchsteilnehmer zeigen in der Kreuzkorrelationsvariable keine systematischen Zyklen.

Tabelle 19: Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen

Vpn female	Kreuzkorrelation RO versus LO (Minuten)	Vpn male	Kreuzkorrelation RO versus LO (Minuten)
DASTM	52.5	DINGK	/
DBRIB	120	DJUEK	60
DDANT	80	DNORM	67.5
DMANL	60	DPAUP	37.5
DSILH	97.5	DRALT	/
DSIML	82.5	DSTEK	90
DSUSS	60	DTORJ	/
Median / M	80 (78.9)	Median / M	63.8 (63.8)
MAD / SD	20 (24)	MAD / SD	15 (21.7)
Gesamt		Median / M	67.5 (73.4)
		MAD / SD	15 (23.3)

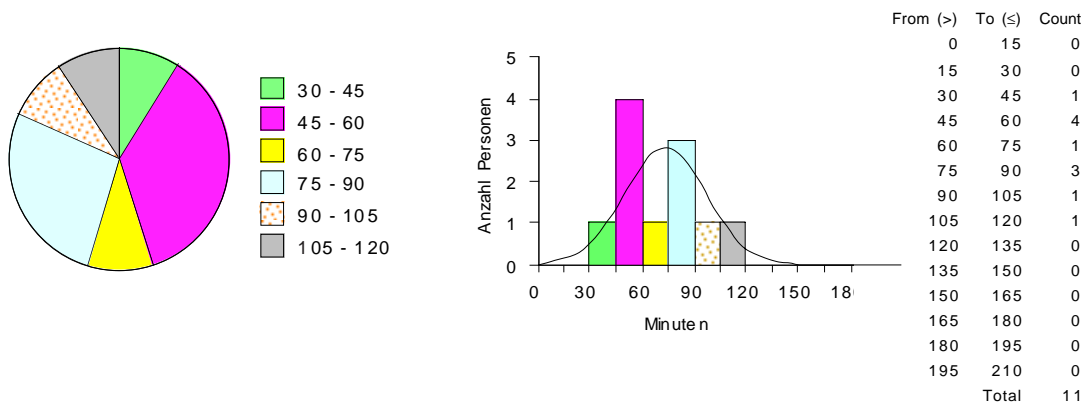


Abb. 23 Mittelwerte der positiven Maxima-Differenzen für jede Person

In Abbildung 24 wird dargestellt, wann die Maxima während der Verschiebung gegeneinander in der Kreuzkorrelationsprozedur erstmalig zur Überlappung kommen.

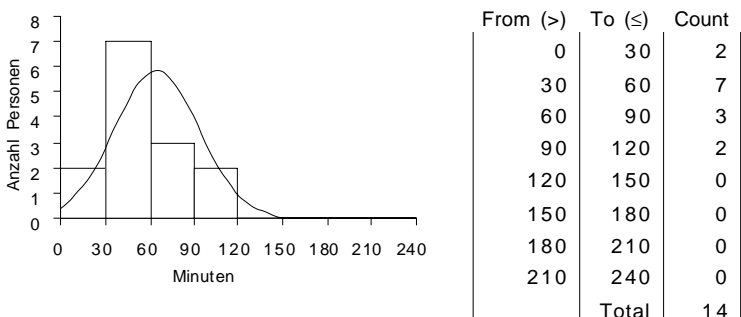


Abb. 24 Zeitdifferenz für jede Person zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum

In Abbildung 25 werden die einzelnen 'Peak-to-Peak' Differenzen aller Personen dieser Gruppe in einem Histogramm abgebildet.

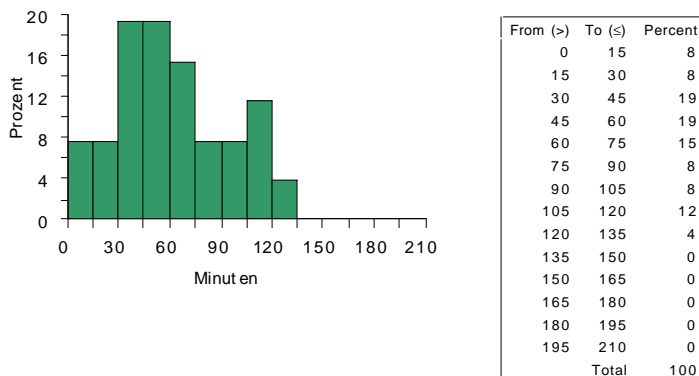


Abb. 25 Peak-to-peak Differenzen aller Vpn (als Histogramm) zwischen den positiven Maxima der Kreuzkorrelationsvariablen

5.5.11. Interhemisphärisch alternierende Leistungsmaxima im dichotischen Hören

Korreliert man die Variablen 'rechtes Ohr' und 'linkes Ohr' jeweils um ein Lag versetzt (15 min.) schrittweise miteinander, so kann geprüft werden, nach wievielen Minuten die beiden Variablen wieder mit einem positiven Koeffizienten korrelieren. In unserem Fall wurden die positiven Maxima der Kreuzkorrelationszeitreihe und ihre zeitliche Differenz bestimmt. Dieses Verfahren gibt Auskunft über den periodischen Phasenzusammenhang der beiden Zeitreihen. Die Mittelwerte der 'Peak-to-Peak' Differenzen in der Kreuzkorrelationsvariable aus rechter versus linker Hand gruppieren sich im hier im Median zeitlich eng um die 45-90 min. Frequenz.

Anders als in der Kreuzkorrelation der Hände zeigt keine Person zum Verschiebungszeitpunkt 0 zwischen der Zeitreihe des 'rechten' und 'linken Ohres' ein positives Maximum. Dieser durchweg negative Zusammenhang liegt, wie weiter oben schon beschrieben, in den Testeigenschaften begründet.

Schon nach einer Verschiebung um ein bis zwei Lags (15-30 Minuten) allerdings kommen bei 18% der Versuchspersonen die beiden Zeitreihen maximal positiv aufeinander zu liegen. Nach einer Verschiebung um weitere zwei Lags (30-60 Minuten) korrelieren dann 64% positiv. Bei **82% der Personen liegt die zeitliche Distanz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum nicht weiter als eine Stunde auseinander**. Ferner zeigen nur zwei Versuchsperson in der Kreuzkorrelationsvariable ein erstes positives Maximum später als 90 Minuten.

Das anschließende Histogramm zeigt nun alle Zeitdifferenzen zwischen den positiven Maxima in den Kreuzkorrelations-Zeitreihen der Versuchspersonen. Hier fällt auf, daß eine große Anzahl der positiven Maxima-Differenzen in den Zeitbereich zwischen 30 und 75 Minuten (53%) und die nächste Häufung von Maxima im Bereich zwischen 105 und 120 Minuten liegt (12%).

21% zeigen keine zyklischen Leistungsumschwünge. Bei 64% der Personen aus der dichotischen Hörgruppe ereignet sich der Interhemisphärische Leistungswechsel im Frequenzbereich bis 90 Minuten (M). Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) liegen nur 21%. Keine Person zeigt längere Perioden in ihrer Kreuzkorrelationsvariable.

Der postulierte Interhemisphärische 'Shift' im ultradianen Zeitbereich bestätigt sich damit mit einer mittleren Frequenz von 73.4 Minuten (Median: 67.5 min.) = 1.2 Stunden = 19.6 Z/T, bleibt aber über die ganze Gruppe betrachtet unterhalb des 'erweiterten' BRAC (80-120 Minuten).

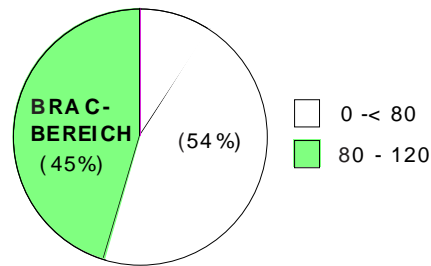


Abb. 26 zeigt, daß die zyklischen Leistungswechsel zwischen den Ohren von rechts nach links im dichotischen Hören bei in nur 45% der Fälle innerhalb des vorgeschlagenen 80-120 Minuten Bereiches liegt. Alle anderen Seitenverschiebungen finden mit einer Frequenz kleiner als 80 Minuten statt.

Frauen zeigen sich in ihren Leistungsumschwüngen im Median um 16 Minuten langsamer als die Männer; im Mittelwert unterscheiden sie sich um 15 Minuten.

5.5.12. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links-und rechtshändiger Diskrimination

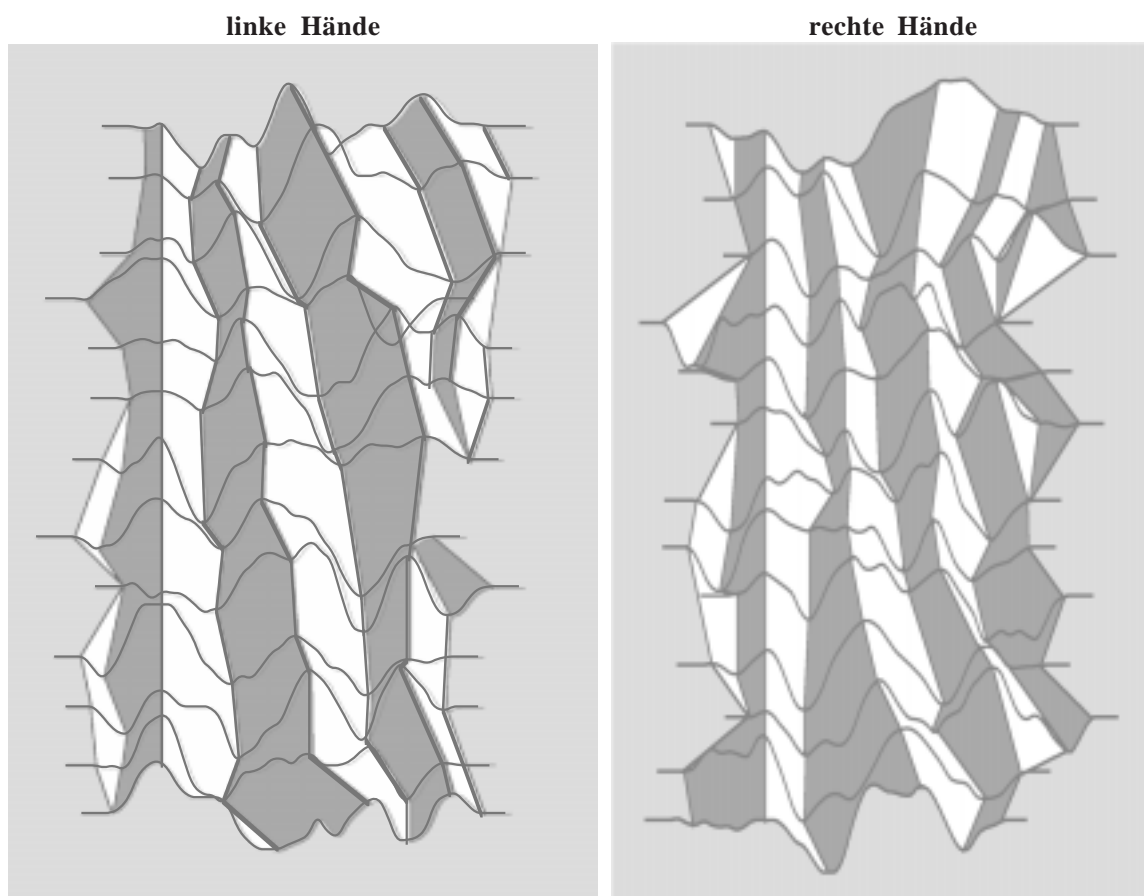


Abb. 27 Um die lateralisierten Oszillationen rechter und linker Hand visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der einzelnen Versuchspersonen entsprechend der Länge ihres ersten Spitze-zu-Spitze Intervalles untereinander angeordnet und auf das erste deutliche Maximum der Fehlerrate synchronisiert. Die Graphiken der Abbildung vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als hätten die Oszillationen ihr erstes Maximum der Fehlerrate zur selben Zeit erreicht. Verbindet man das erste, zweite, dritte und vierte Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie, hebt sich der oszillatorische Vorgang graphisch als "Wellenfeld" hervor. Aufsteigende Flanken sind dunkel gefärbt, absteigende hell.

5.5.13. Histogramme der Periodenintervalle der rechts- und linksseitigen Oszillationen

Tabelle 20: Periodenintervalle der taktilen Diskriminationsleistung

Berechnet wurden die Distanzen zwischen den Maxima der positiven Autokorrelationswerte für die 'rechte' und 'linke Hand' in Minuten. Zwei Personen zeigen für die 'rechte Hand', eine Person für die 'linke Hand' keine systematischen Zyklen

Versuchsperson			'linke Hand'	'rechte Hand'	
1	f	DASTM	112.5	90	
2	f	DBRIB	97.5	/	
3	f	DDANT	180	90	
4	f	DMANL	210	112.5	
5	f	DSILH	135	/	
6	f	DSIML	240	180	
7	f	DSUSS	195	240	
Median / M			180 (167)	112.5 (142.5)	
MAD / SD			45 (53.2)	22.5 (65.8)	
8	m	DINGK	195	240	
9	m	DJUEK	180	120	
10	m	DNORM	112.5	120	
11	m	DPAUP	/	90	
12	m	DRALT	135	120	
13	m	DSTEK	225	150	
14	m	DTORJ	165	210	
Median / M			172.5 (168.8)	120 (150)	
MAD / SD			30 (40.7)	30 (54.8)	
Gesamt Median / M			180 (167.9)	120 (146.9)	
			MAD / SD	45 (45.9)	30 (56.8)

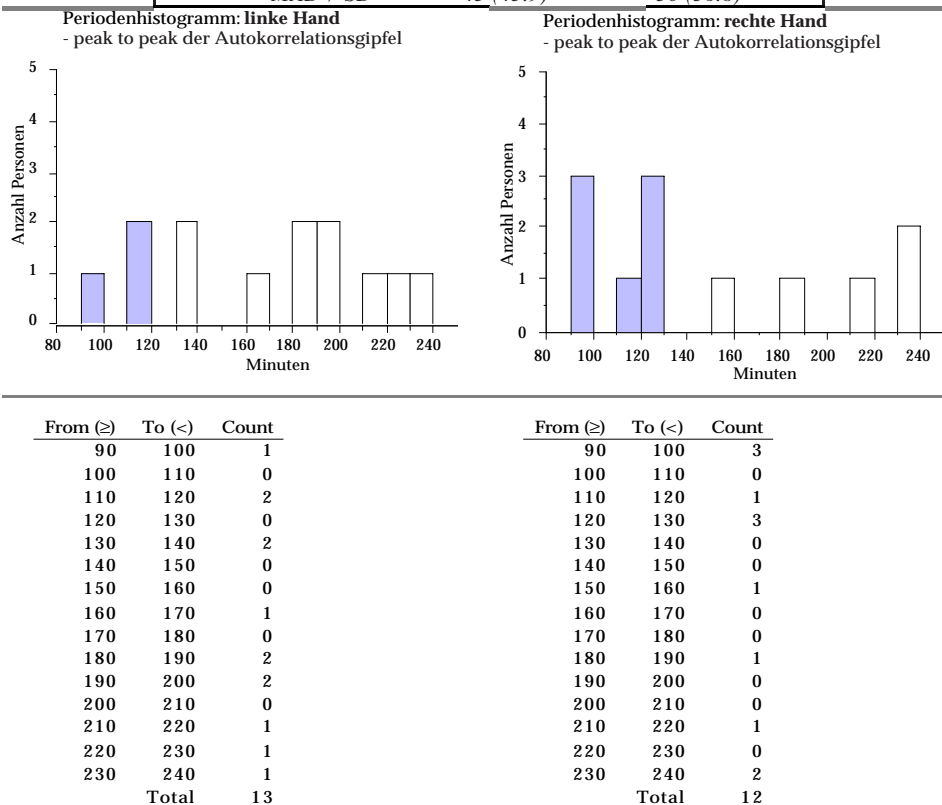


Abb. 28 zeigt die Histogramme für die Periodenintervalle der Leistungsgipfel der Händezeitreihen in Minuten. Balken, die innerhalb des BRAC-Zeitbereiches liegen sind farblich herausgehoben.

Die taktile Diskriminationsleistung der linken Hand oszilliert bei drei Versuchspersonen (22%) von den insgesamt 14 Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Keine Person zeigt kürzere Periodenintervalle als zw. 60 und <120 Minuten, zehn Personen (71%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 250 Minuten) und eine Person (7%) zeigen in der linkshändigen Leistung keine systematischen Schwingungen. Insgesamt zeigt die 'linke Hand' im Median eine Zyklizität von **180 min. = 3 Std. = 8 Z/T**.

Dabei oszilliert die taktile Diskriminationsleistung der rechten Hand bei sieben Versuchspersonen (50%) von den insgesamt 14 Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC**

Bereich. Keine Person zeigt kürzere Periodenintervalle als zw. 60 und <120 Minuten, fünf Personen (36%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 250 Minuten) und zwei Personen (14%) zeigen in der rechtshändigen Leistung keine systematischen Schwingungen. Insgesamt zeigt die 'rechte Hand' im Median eine Zyklizität von **120 min. = 2 Std. = 12 Z/T.**

Die beiden Verteilungen unterscheiden sich statistisch nicht (Wilcoxon Signed Rank, reHand - liHand: p = .1307; Z= -1.511).

5.5.14. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand

Tabelle 21: Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand

Zwei Personen zeigen in der Kreuzkorrelationsvariable keine systematischen Zyklen.

	Vpn female		Kreuzkorrelation versus LH (Minuten)		Vpn male		Kreuzkorrelation versus LH (Minuten)	RH
1	fem	DASTM	75	male	DINGK	90		
2	fem	DBRIB	/	male	DJUEK	82.5		
3	fem	DDANT	105	male	DNORM	60		
4	fem	DMANL	90	male	DPAUP	75		
5	fem	DSILH	/	male	DRALT	90		
6	fem	DSIML	90	male	DSTEK	105		
7	fem	DSUSS	75	male	DTORJ	105		
Median / M			90 (87)	Median / M			90 (68.8)	
MAD / SD			15 (12.6)	MAD / SD			15 (16.1)	
Gesamt		Median / M	90 (86.9)					
		MAD / SD	15 (14.1)					

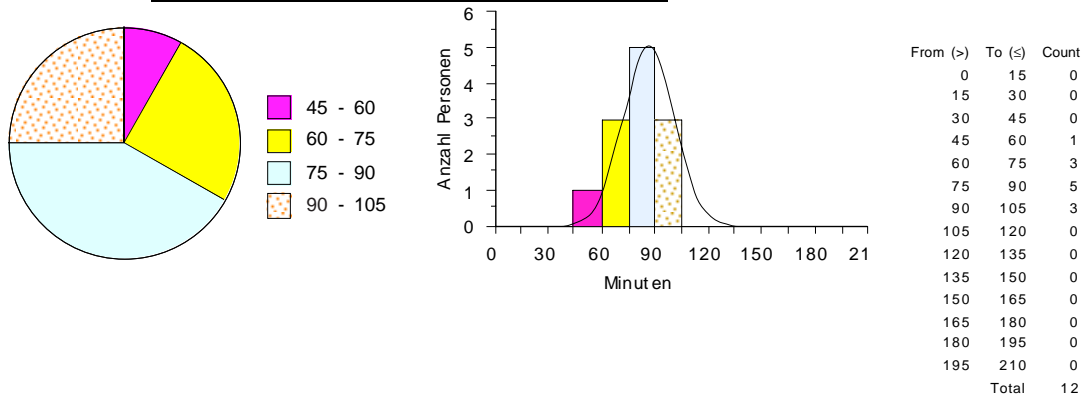


Abb. 29 Mittelwerte der positiven Maxima-Differenzen für jede Person

In Abbildung 30 wird dargestellt, wann die Maxima während der Verschiebung gegeneinander in der Kreuzkorrelationsprozedur erstmalig zur Überlappung kommen.

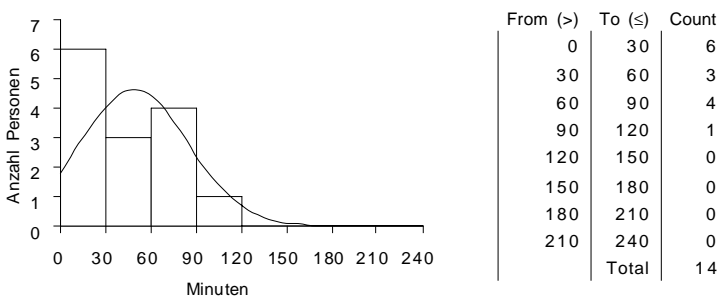


Abb. 30 Zeitdifferenz für jede Person zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum

In nachfolgender Abbildung 31 werden die einzelnen 'Peak-to-Peak' Differenzen aller Personen dieser Gruppe in einem Histogramm abgebildet.

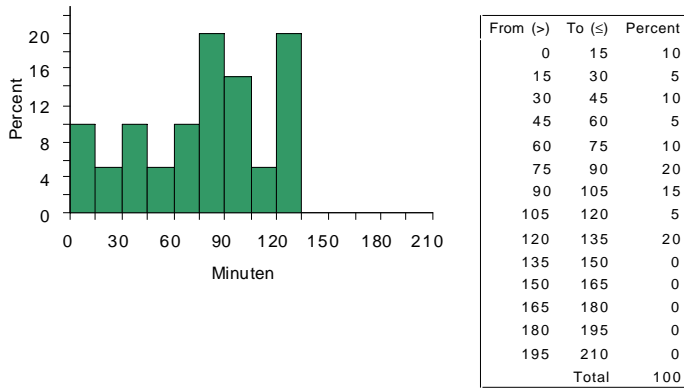


Abb. 31 Peak-to-peak Differenzen aller Vpn (als Histogramm) zwischen den positiven Maxima der Kreuzkorrelationsvariablen

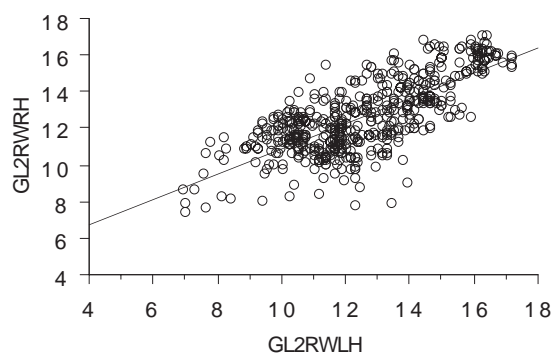
Korreliert man die Variablen ‘rechte Hand’ und ‘linke Hand’ jeweils um ein Lag versetzt (15 min.) schrittweise miteinander, so kann geprüft werden, nach wievielen Minuten die beiden Variablen wieder mit einem positiven Koeffizienten korrelieren. In unserem Fall wurden die positiven Maxima der Kreuzkorrelationszeitreihe und ihre zeitliche Differenz bestimmt. Dieses Verfahren gibt Auskunft über den periodischen Phasenzusammenhang der beiden Zeitreihen. Die Mittelwerte der ‘Peak-to-Peak’ Differenzen in der Kreuzkorrelationsvariable aus rechter versus linker Hand gruppieren sich im hier im Median zeitlich eng um die 90 minütige Frequenz.

Zwei Personen (14%) zeigen zum Verschiebungszeitpunkt 0 ein positives Maximum zeigen. Die Abbildung zeigt, daß die beiden Zeitreihen ‘rechte’ und ‘linke Hand’ bei 29% der Versuchspersonen schon nach einer Verschiebung um weitere ein bis zwei Lags (15-30 Minuten) maximal positiv aufeinander zu liegen kommen. Diese Tendenz kommt auch in der Regressionsanalyse zum Ausdruck:

5.5.15. Regressionsanalysen: ‘rechte’ versus ‘linke Hand’

Tabelle 22: Regressionsanalyse zum Verschiebungszeitpunkt 0; (Filter 1):

	Vpn	Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	
1	fem	DASTM	.077	.107	.122	.716	.4786
2	fem	DBRIB	-.021	.131	-.027	-.157	.8761
3	fem	DDANT	.407	.112	.530	3.645	.0009*
4	male	DINGK	.426	.215	.310	1.986	.0545(Trend)
5	male	DJUEK	-.004	.143	-.005	-.027	.9786
6	fem	DMANL	.042	.202	.036	.211	.8344
7	male	DNORM	.194	.144	.226	1.350	.1859
8	male	DPAUP	.947	.104	.843	9.124	<.0001*
9	male	DRALT	-.299	.198	-.251	-1.511	.1400
10	fem	DSILH	.240	.087	.451	2.767	.0096*
11	fem	DSIML	-.342	.191	-.294	-1.794	.0817(Trend)
12	male	DSTEK	.093	.193	.082	.481	.6333
13	fem	DSUSS	-.162	.152	-.180	-1.067	.2935
14	male	DTORJ	.544	.190	.440	2.859	.0072*



[r (df 502) = .672, p < .0001]

Abb. 32: Regressionsanalyse der Richtignennungen der rechten Hand (GL2RWRH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung ‘rechte Hand’) versus derer der linken Hand (GL2RWLH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung ‘linke Hand’).

Neun Personen zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen beiden Verhaltensvariablen (vier davon signifikant, eine Person mit positivem Trend), alle anderen fünf Versuchspersonen dieser Gruppe haben einen negativen Koeffizienten, der bei nur einer Person einen signifikanten Trend zeigt.

Die Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand' verlaufen demnach zum Verschiebungszeitpunkt 0 nicht gegenphasig, sondern eher gleichphasig, d.h. 'rechte' und 'linke Hand' zeigen zu gleichen Zeitabschnitten gute und schlechte Leistungen.

Schon nach einer Verschiebung um weitere zwei Lags (30-60 Minuten) korrelieren weitere 21% positiv. Bei **64% der Personen liegt die zeitliche Distanz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum nicht weiter als eine Stunde auseinander**. Ferner zeigt nur eine Versuchsperson in der Kreuzkorrelationsvariable ein erstes positives Maximum später als 90 Minuten. 29% dieser Probanden zeigen das erste positive Maximum ihrer Kreuzkorrelationsvariable innerhalb des Frequenzbereiches des BRAC (90-120 Minuten).

Das anschließende Histogramm zeigt nun alle Zeitdifferenzen zwischen den positiven Maxima in den Kreuzkorrelations-Zeitreihen der Versuchspersonen. Hier fällt auf, daß eine große Anzahl der positiven Maxima-Differenzen in den Zeitbereich zwischen 75 und 105 Minuten fällt (35%) und die nächste Häufung von Maxima im Bereich zwischen 120 und 135 Minuten liegt (20%).

Bei 75% der Personen aus der dichotischen Hörgruppe ereignet sich der Interhemisphärische Leistungswechsel im Frequenzbereich bis 90 Minuten (Mittelwert). Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) liegen nur 25%. Keine Person zeigt längere Perioden in ihrer Kreuzkorrelationsvariable.

Der von der ('erweiterten'= 80-120 Minuten) BRAC-Hypothese postulierte Interhemisphärische 'Shift' bestätigt sich damit mit einer mittleren Frequenz von 86.9 Minuten (Median: 90 min.) = 1.45 Stunden = 16.6 Z/T.

Frauen zeigen sich in ihren Leistungsumschwüngen im Mittel um 18 Minuten langsamer als die Männer, im Median unterscheiden sie sich nicht. Allerdings zeigen im Gegensatz zu den Männern zwei der Frauen keine zyklischen Leistungswechsel.

5.5.16. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen 'rechte Hand' und 'linke Hand'

Tabelle 23 zeigt diejenigen Versuchspersonen der Gruppe *Dichotisches Hören*, welche signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der rechten Hand aufweisen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.2580	.117	1.527	2.202	.0358	DDANT

Quadratischer Trend

-.0080	.003	-1.690	-2.438	.0211	DDANT
--------	------	--------	--------	-------	-------

Eine Personen der Gruppe erfährt eine lineare, signifikant steigende Niveauveränderung in der Zeitreihe der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand ab. Dieselbe Person zeigt eine signifikante, negative quadratische Veränderung in derselben Hand.

Tabelle 24 zeigt diejenigen Versuchspersonen der Gruppe *Dichotisches Hören*, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der linken Hand aufweisen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
-.3920	.164	-1.666	-2.395	.0233	DNORM
.3460	.157	1.211	2.199	.0360	DPAUP
.0100	.005	1.503	2.162	.0390	DNORM
-.0080	.004	-1.413	-2.087	.0458	DDANT
.0070	.004	1.367	1.904	.0669	DTORJ

Tabelle 25 Anordnung der Personen dieser Gruppe nach: negativem Regressions-Koeffizienten ($r \leq -.003$), keinem quadratischen Trend und positivem Regressions-Koeffizienten ($r \geq .003$).

'linke Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$	'rechte Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$
fem	DASTM			fem			DASTM
fem		DBRIB		fem	DBRIB		
fem	DDANT*			fem	DDANT*		
fem			DMANL	fem			DMANL
fem		DSILH		fem	DSILH		
fem		DSIML		fem	DSIML		
fem		DSUSS		fem		DSUSS	
male		DINGK		male		DINGK	
male	DJUEK			male	DJUEK		
male			DNORM*	male			DNORM
male	DPAUP			male		DPAUP	
male		DRALT		male			DRALT
male		DSTEK		male	DSTEK		
male			DTORJ*	male		DTORJ	

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der rechten Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Dichotisches Hören* zeigen sechs Personen (42%) **einen langsamen negativen Verlauf im circadianen Bereich** : $r \leq -.003$ (vier Frauen, zwei Männer), vier Personen keine quadratischen Trends (eine Frau und drei Männer) und vier Personen (29%) **einen langsamen positiven Verlauf**: $r \geq .003$ (zwei Frauen, zwei Männer). Nur **29% zeigen keine quadratischen Trends** in der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand. Eine Frau aus dieser Gruppe (7%) zeigt einen signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig signifikant negativem circadianem Trend. Keine Person aus dieser Gruppe zeigt eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages.

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der linken Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Dichotisches Hören* zeigen vier Personen (29%) **einen niederfrequenten negativen Verlauf**: $r \leq -.003$ (zwei Frauen, zwei Männer), sieben Personen keine circadianen Schwankungen (vier Frauen und drei Männer) und drei Personen (21%) **einen langsamen positiven Verlauf im circadianen Zeitbereich**: $r \geq .003$ (kein Mann). Die Hälfte der Versuchspersonen (50%), **zeigt keine quadratischen Trends** in der taktilen Diskriminationsleistung der linken Hand. Dieselbe Frau, die als einzige dieser Gruppe einem negativen circadianen Einfluß auf die 'rechte Hand' erfährt, unterliegt diesem auch mit der 'linken Hand'. Ein Mann aus dieser Gruppe zeigt eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'linke Hand' im Laufe des Tages bei gleichzeitig positivem circadianem Trend. Ein weiterer Mann weist eine stetig sinkende Fehlerzahl in der 'linken Hand' auf.

Zusammenfassung und Diskussion

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können auch hier als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Es gilt allerdings die Einschränkung, daß diese Bezeichnung nicht mehr als eine naheliegende Interpretation ist, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin.

In der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand spiegeln sich in der prozentualen Mehrzahl der Versuchspersonen ein negative niederfrequente Schwankung im circadianen Zeitbereich wider, für die linken Hände der prozentualen Mehrzahl der Versuchspersonen zeigen sich keine rhythmischen, niederfrequenten Schwankungen.

Nur eine Person zeigt für die 'linke Hand' eine stetig steigende Fehlerzahl. Keine Person zeigt einen solchen signifikanten Trend für beide 'Hände'. Eine Person zeigt für die 'linke Hand' eine lineare Leistungsverbesserung und eine andere für die rechte. Nicht jedoch für die jeweils andere Hand.

Neben ultradianen und circadianen Fluktuationen, welche physiologisch bedingt sind, findet sich kein Anzeichen dafür, daß die anderen Probanden die Braille-Zeichen im Laufe des Tages wiedererkennen lernen. Offenbar ist eine Kodierung

der sinnfreien Punktmuster nicht möglich. Vielmehr wird auch nach mehrstündiger Darbietung das taktile Diskriminationsergebnis 'naiv' wiedergegeben.

Eine weibliche Versuchsperson zeigt eine positive niederfrequente Schwankung im circadianen Zeitbereich in der 'rechten Hand' bei gleichzeitig negativem niederfrequenten Rhythmus in der 'linken Hand'. Das bedeutet, die 'linke Hand' beginnt am Anfang des Meßtages mit einem relativen Leistungshoch, welches gegen Mittag abnimmt, um zum Ende des Tages wieder anzusteigen. Dagegen beginnt die 'rechte Hand' gleichzeitig mit einem relativen Leistungstief, welches sich gegen Mittag erholt und in der zweiten Hälfte des Versuchstages wieder absinkt. Die Leistungskurve im circadianen Zeitbereich zeigt sich bei dieser Personen gegenläufig zwischen den Händen.

Zwei Personen zeigen eine langsame negative Schwingung für die 'linke Hand' bei gleichzeitiger negativer niederfrequente Rhythmizität für die 'rechte Hand'. Zwei weitere Personen zeigen einen umgekehrten Befund: Sowohl die 'rechte', als auch die 'linke Hand' unterliegen parallel einer langsamen positiven Schankung, welche als circadiane Halbphase bezeichnet werden könnte.

Anders als in der Gruppe *Labor*, welche den Tag über ohne kognitive Anforderung blieb und für beide 'Hände' bei einem hohen Prozentsatz der Versuchspersonen keine Halbphasen des Circadian-Zyklus aufweisen, ist in dieser Gruppe hauptsächlich die 'rechte Hand' von einer negativen Tageszyklizität betroffen. Die prozentuale Anzahl an Personen mit einem Mittagshoch der Leistung erhöht sich hier noch.. Es mag sein, daß die linkshemisphärische Aufgabe (rechte Hand) dazu führte, daß die rechte distale Seite durch die aufgabenspezifische Vorwärmung diesen Trend noch deutlicher macht. Nicht so die 'linke Hand': die Hälfte der Versuchspersonen bleibt immerhin linksseitig ohne niederfrequente Schwingung, d.h. die prozentuale Anzahl Personen, welche linksseitig einer positiven Tagesschwankung unterliegen, geht zurück.

5.5.17. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen 'rechtes Ohr' und 'linkes Ohr'

Tabelle 26 zeigt diejenigen Versuchspersonen der Gruppe *Dichotisches Hören*, welche signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen des 'rechten' Ohres zeigen

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.9080	.337	1.839	2.695	.0116	DJUEK
.8820	.224	1.774	3.929	.0005	DNORM
.8120	.279	1.929	2.910	.0069	DSTEK
.499	.233	1.258	2.143	.0407	DDANT
.408	.228	1.301	1.791	.0837	DBRIB(Trend)
1.3740	.326	2.532	4.208	.0002	DMANL
.6750	.309	1.608	2.183	.0386	DSILH
.5410	.242	1.374	2.233	.0335	DSIML

Quadratischer Trend

-.0270	.010	-1.873	-2.746	.0103	DJUEK
-.0150	.007	-1.037	-2.296	.0291	DNORM
-.0210	.008	-1.690	-2.550	.0163	DSTEK
-.0380	.010	-2.379	-3.953	.0005	DMANL
-.0190	.010	-1.317	-1.788	.0858	DSILH(Trend)

Tabelle 27 zeigt diejenigen Versuchspersonen der Gruppe *Dichotisches Hören*, welche signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen des 'linken' Ohres zeigen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.810	.303	1.811	2.672	.0122	DPAUP
.669	.195	2.209	3.429	.0018	DDANT
-1.267	.310	-2.443	-4.089	.0003	DMANL
1.589	.432	2.382	3.679	.0011	DSILH

Quadratischer Trend

-.021	.009	-1.602	-2.364	.0250	DPAUP
-.018	.006	-2.063	-3.203	.0033	DDANT
.039	.009	2.572	4.305	.0002	DMANL
-.046	.014	-2.069	-3.195	.0038	DSILH
-.009	.005	-1.357	-1.899	.0675	DSIML(Trend)
.011	.007	1.190	1.731	.0941	DSUSS(Trend)

Tabelle 28 Anordnung der Personen dieser Gruppe nach: negativem Regressions-Koeffizienten ($r \leq -.003$), keinem quadratischen Trend und positivem Regressions-Koeffizienten ($r \geq .003$).

'linkes Ohr'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$	'rechtes Ohr'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$
fem	DASTM			fem	DASTM		
fem	DBRIB			fem	DBRIB		
fem	DDANT*			fem	DDANT		
fem			DMANL*	fem	DMANL*		
fem	DSILH*			fem	DSILH*(Trend)		
fem	DSIML*			fem	DSIML		
fem			DSUSS*(Trend)	fem	DSUSS		
male			DINGK	male			DINGK
male			DJUEK	male	DJUEK*		
male			DNORM	male	DNORM*		
male	DPAUP*			male			DPAUP
male	DRALT			male	DRALT		
male	DSTEK			male	DSTEK*		
male	DTORJ			male	DTORJ		

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Hörleistung der rechten Ohres', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Dichotisches Hören* zeigen zwölf Personen (86%) eine **negative niederfrequente Rhythmisizität**: $r \leq -.003$ (sieben Frauen, fünf Männer), **keine Person zeigt sich ohne quadratischen Trend** in der dichotischen Hörleistung des rechten Ohres und nur zwei Personen (14%) **zeigen einen langsamen positiven Schwankungsverlauf**: $r \geq .003$ (zwei Frauen, zwei Männer).

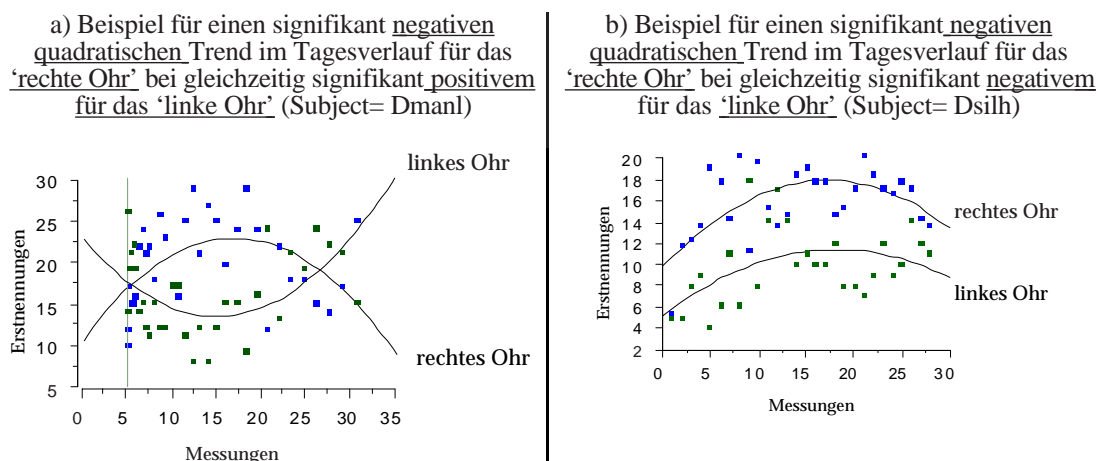
Fünf Frauen und drei Männer aus dieser Gruppe (57%) **zeigen eine signifikante Verbesserung der rechtsseitigen Hörleistung** im Laufe des Tages; fünf Versuchsteilnehmer davon bei gleichzeitig signifikant negativem circadianem Trend. Keine Person aus dieser Gruppe zeigt eine signifikante Verschlechterung der rechtsseitigen Hörleistung im Laufe des Tages.

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Hörleistung der linken Ohres', sowie lineare Trendveränderungen:

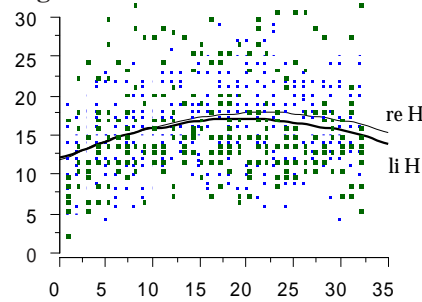
In der Gruppe *Dichotisches Hören* zeigen neun Personen (64%) **einen negativen quadratischen Verlauf**: $r \leq -.003$ (fünf Frauen, vier Männer), **keine Person zeigt sich ohne Schwankungen** im circadianen Zeitbereich in der dichotischen Hörleistung des linken Ohres und fünf Personen (36%) **zeigen langsame positive Zyklen**: $r \geq .003$ (zwei Frauen und drei Männer).

Zwei Frauen und ein Mann aus dieser Gruppe (21%) zeigen eine signifikante Verbesserung der linksseitigen Hörleistung im Laufe des Tages bei gleichzeitig signifikant negativem circadianem Trend. Eine weitere Person aus dieser Gruppe zeigt eine signifikante Verschlechterung der linksseitigen Hörleistung im Laufe des Tages - bei gleichzeitig signifikant positivem circadianem Trend - während sie mit dem rechten Ohr signifikant besser wird.

Abb. 33: Beispiele für niederfrequente Halbphasenverläufe



c)
57% der Versuchspersonen zeigen, wie abgebildet, beidseitig eine langsame negative Tagesschwankung der Hörleistung



	Coefficient	Std. Error	Std. Coeff.	t-Value	P-Value
re H NR ²	-.013	.003	-.809	-4.045	<.0001
li H NR ²	-.013	.004	-.686	-3.026	.0027

Zusammenfassung und Diskussion

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können auch hier als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Wie auch für die Händezeitreihen gilt allerdings die Einschränkung, daß diese Bezeichnung nicht mehr als eine naheliegende Interpretation ist, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin.

Anders als im taktilen Test, welcher zeitlich parallel erhoben wurde und in dem zur zwei Personen beidseitig einen negativen, circadianen Verlauf aufweisen, spiegelt sich in der **dichotischen Hörleistung beider Ohren** in der **Mehrzahl der Versuchspersonen ein negativer circadianer Trend** wider, der rechtsseitig (86%) noch stärker als linksseitig (64%) ausgeprägt ist. Das bedeutet die Mehrheit der Versuchspersonen beginnt mit einem relativen Leistungstief, welches sich gegen Mittag erholt und gegen Ende des Versuchstages sinkt die Hörleistung wieder. Keine Person dieser Gruppe zeigt sich weder für das rechte, noch für das 'linke Ohr' ohne circadiane Schwankungen. Nur eine Person zeigt für beide 'Ohren' eine signifikant positive circadiane Halbphase.

Bei immerhin **57% der Personen steigt die rechtsseitige Hörleistung signifikant** stetig an über die Meßzeit. Nur zwei Personen zeigen eine signifikante Leistungsverbesserung für beide 'Ohren'. Eine Person zeigt gar ein signifikantes Absinken der Linksohrleistung, während gleichzeitig die Leistung des 'rechten Ohres' stetig ansteigt, bei gleichzeitig negativ circadianer Schwingung rechtsseitig und positiv circadianem Verlauf linksseitig. Dieser Befund steht im Einklang mit dem Lateralisierungsindex: Die mittlere Lateralisierung fällt für 71% der dichotischen Hörteilnehmer zugunsten einer Rechtsohrüberlegenheit aus, d.h. das dargebotene verbale Material wird überwiegend linkshemisphärisch verarbeitet.

Die Schwankungen der Ohrdominanz/-präferenz und der taktilen Diskriminationsfähigkeit sind nicht bei allen Personen mit der Annahme zu vereinbaren, daß es sich hierbei um zyklische Zustandsänderungen handelt, welche jeweils die 'ganzen' cerebralen Hemisphären betreffen. Voraussetzung war die theoriegeleitete Annahme, daß es ultradiane Wahrnehmungsumschwünge im kognitiven Stil gibt, welche zyklisch, hemisphärenspezifisch solcherart Zustandsänderungen hervorrufen, daß lateralisiert dargebotene Wahrnehmungsaufgaben gegenphasig gut oder schlecht verarbeitet werden. Bietet man nun gleichzeitig, lateralisiert über acht Stunden, rechts- und linksseitig zwei voneinander unabhängige Wahrnehmungsaufgaben dar, so sollte sich die hemisphärenspezifische Verarbeitungsschwankung parallel in der Leistung zeigen.

Zunächst ist zu sagen, daß die Lateralisierungsergebnisse, über die gesamte Untersuchungszeit betrachtet, mit den Erwartungen aufgrund der Literatur, daß 70-85% der Rechtshänder einen Rechtsohrvorteil für verbale Stimuli zeigen (Bryden, 1982; Kertesz, 1986), übereinstimmen.

Die Befunde von neun Personen dieser Gruppe (64%) stützen die formulierten Teilhypothesen 2 und 3 in statistisch signifikanter Weise. Allerdings zeigen zwei Personen auch das Gegenteil davon: Bei ihnen korrelieren die Phasen rechtshändiger Überlegenheit signifikant mit Phasen des Linksohrvorteiles und verkehren sich in ultradianer Zyklizität in ihr Gegenteil: Linkshändige Überlegenheit während Rechtsohrvorteiles. **Damit erfüllen 79% das Postulat eines zeitlich parallelen, ultradianen Seitenwechsels des Ohr und Handvorteiles. Dabei ist aber nicht nur, wie postuliert, ein positiver Phasenzusammenhang möglich, sondern auch ein negativer.**

Für drei Personen muß diese Hypothese gänzlich abgelehnt werden. Sie zeigen zwar für beide Aufgaben eine alternierende Verarbeitungsüberlegenheit der Seiten, dennoch finden diese Seitenwechsel in der taktilen und akustischen Wahrnehmung nicht parallel statt. Sie zeigen eine unzureichende Phasenübereinstimmung im Lateralisierungsverlauf beider Variablen.

Für die Gruppe ergibt sich eine unzureichende Gesamtübereinstimmung in der mittleren Lateralisierung. Der Vergleich der mittleren Lateralisierung zwischen dichotischem Hörtest und taktiler Diskriminationsaufgabe ergab keine intrasubjektive Übereinstimmung in der Lateralisierung für alle Personen: Nur eine Frau und ein Mann zeigen für beide Aufgaben eine negative Lateralisierung, d.h. einen Linksohr- und einen Linkshandvorteil. Vier Frauen und ein Mann zeigen eine beidseitige positive Lateralisierung, d.h. einen Rechtsohr- und Rechtshandvorteil. Eine weitere Frau und ein Mann zeigen einen insgesamt Linksohrvorteil bei gleichzeitigem Rechtshandvorteil und eine Frau und vier Männer zeigen das umkehrte Phänomen, nämlich einen Rechtsohrvorteil bei gleichzeitigem Linkshandvorteil über die Zeit.

Dieses Ergebnis legt nahe, nicht davon auszugehen, daß es zwischen den Mittelwerten der Gesamtlateralisierung (Mittel aus acht Stunden Messung) einen Zusammenhang gibt, der eine Aussage über die Lateralisierung der Hemisphärenfunktion zuläßt.

Offenbar werden auch die Aufgaben nicht intra- und interpersonell stabil hemisphärenspezifisch verarbeitet: Vier Personen (29%) zeigen im dichotischen Hören in ihrer Gesamtlateralisierung einen Linksohrvorteil, zehn Personen (71%) einen Rechtsohrvorteil. Da sich jeweils ebensoviele Frauen wie Männer links- und rechtsseitig überlegen zeigen, ergibt sich hier auch kein Geschlechtsunterschied.

Im taktilen Test zeigen jeweils 50% (sieben Personen) einen Linkshandvorteil (zwei Frauen und fünf Männer) und 50% (sieben Personen) einen Rechtshandvorteil (fünf Frauen und zwei Männer). Anders als in der dichotischen Höraufgabe zeigt sich hier ein geschlechtsspezifischer Umkehrtrend: 71% der Männer zeigen einen Linkshandvorteil und 71% der Frauen einen Rechtshandvorteil.

Eine unzureichende Gesamtübereinstimmung ergibt sich auch in den circadianen Verläufen. Anders als im taktilen Test, welcher zeitlich parallel zum dichotischen Hörtest erhoben wurde und in dem zwei Personen beidseitig einen negativen circadianen Verlauf aufweisen, spiegelt sich in der dichotischen Hörleistung beider Ohren in der Mehrzahl der Versuchspersonen ein negativer circadianer Trendwider.

6) Studie III: Taktile Diskriminationstest während Lokomotion im Freiland

Zusammenfassung:

Anschließend an die Laboruntersuchung wollten wir herausfinden, ob die lateralisierten Ultradianrhythmen auch unter Freilandbedingungen unter einer naturgemäß unsystematischen Vielzahl von Stimuli und Einflüssen sowie natürlicher Distraktoren nachzuweisen wären. Der vorliegende Abschnitt beschäftigt sich mit der Frage, wie sich die Leistung im perzeptiven taktilen Test unter dem Einfluß cerebraler, lateralisierter Ultradianzyklen während Lokomotion bei Konfrontation mit einer natürlicher Freilandumgebung zeigt.

Für diese Gruppe wählten wir einen 8-stündigen Spaziergang. Die Versuchspersonen absolvierten dabei viertelstündlich den taktilen Diskriminationstest an festgelegten etwa äquidistant über die gesamte Strecke verteilten Meßorten. In den Pausenphasen des taktilen Tests wurde die Begehung einer festgelegten Lokomotionsstrecke bis zum nächsten Meßort verlangt.

6.1. Hypothesen

Unter Annahme der ultradianen Aktivierung der cerebralen Hemisphären nach dem erweiterten BRAC-Modell - daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 80-120 Minuten mit dem periodischen gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht und damit einen zyklisch alternierenden Wahrnehmungsvorteil der linken und rechten Körperseite hervorruft, lautet die Fragestellung für diese Experimentalgruppe:

Kann die von der BRAC-Hypothese postulierte Variation der Leistung im ultradianen Zeitbereich mit der taktilen Methode auch unter Lokomotion bestätigt werden?

Hier soll der Frage nachgegangen werden, inwiefern natürliche Distraktoren und ggf. Umgebungscues Einfluß auf den ultradianen Phasenverlauf nehmen. Diese Teilstudie dient gleichzeitig als Kontrollgruppe für die nachfolgende Orientierungsbedingung.

1. Die Haupthypothese postuliert, daß die Anzahl der Richtignennungen der rechten gegenüber der linken Hand präsentierten taktilen Stimuli zyklisch alterniert, d.h., daß sich die Leistungsmaxima 'rechts' gegen 'links' phasenverschoben zeigen und sich der Wechsel dieses Wahrnehmungsvorteils im 80-120 Minuten-Zyklus vollzieht.

Die Teilhypothese dieser Studie besagt, daß die lateralisierten ultradianen Rhythmen sich unter der Lokomotionsbedingung, während der 8-stündigen Begehung einer standardisierten Strecke, verlängern.

6.2. Versuchsplan und Datenerhebung

Die Datenerhebung des taktilen Diskriminationstests mit standardisierter Lokomotion an studentischen Probanden erfolgte zwischen April und September 1993 unter Freilandbedingungen.

Zur Auswahl der Versuchspersonen wurden die Interessenten, nachdem sie erfahren hatten, daß es sich um einen ganztägigen Test im Freiland unter Lokomotionsbedingungen handelt, darauf hingewiesen, daß das Lokomotionsexperiment für ungeübte Personen möglicherweise körperlich anstrengend würde und sie selbst einschätzen sollten, ob sie in der Lage wären an einem heißen Sommertag einen achtstündigen Fußmarsch gut zu verkraften. Studenten, die am Versuch teilnehmen wollten, wurden gebeten, mit Outdoor-Bekleidung und Proviant zur Universität zu kommen. An Regentagen wurde die Versuchsdurchführung vertagt.

6.2.1. Fragebogen und Instruktion

Zunächst füllten die Probanden im Labor wieder Fragebögen zu persönlichen Daten, zur Muttersprache und zur Händigkeit aus. Die laterale Präferenz wurde basierend auf dem erweiterten Selbsteinschätzungsfragebogen nach Coren et al. (1979) und dem Edinburgh Händigkeitsinventar nach Oldfield (1971) erhoben. Mit Hilfe dieses Verfahrens wurde nicht nur die Seitenpräferenz von Hand, Fuß, Auge und Ohr der Versuchsperson erfragt, sondern auch die Händigkeit der Verwandten ersten Grades erfaßt.

Zwölf der an dieser Studie teilnehmenden Versuchspersonen hatten ausschließlich rechtshändige Verwandte ersten Grades. Eine Versuchsperson dieser Gruppe hatte einen beidhändigen Verwandten ersten Grades.

Die Probanden, für die sich zu über 70% eine Präferenz der rechten Seite ergab, wurden als rechtshändig bezeichnet. Nach diesem Kriterium konnten alle 13 an der Studie beteiligten Probanden als Rechtshänder klassifiziert werden. Die Seitenpräferenz dieser Gruppe variiert zwischen 73% und 100% 'rechts'. Im Mittel wies diese Gruppe eine Seitenpräferenz von 86% 'rechts' auf.

Nach dem Ausfüllen der Fragebögen wurde den Versuchspersonen der bevorstehende Experimentaltag erklärt. Die Instruktion erfolgte mündlich.

Den Teilnehmern wurde ferner gesagt, daß die Versuchsleiterin sie den ganzen Tag über begleiten würde und ihnen den Weg über die festgelegte Teststrecke weisen würde. Den Probanden wurde erlaubt ganz nach ihren sonstigen Gewohnheiten zu essen, trinken und rauchen, sofern dies den zeitlichen Ablauf des Experimente nicht beeinträchtigte. Mit Ablauf der acht Stunden würden die Personen wieder am Ausgangspunkt, im Laborraum der Universität angelangt sein. Ferner würde ihnen die Versuchsleiterin 4x pro Stunde Blindenschriftkarten zum rechts und linkshändigen Abtasten der darauf eingestanzten Muster reichen.

6.2.2. Versuchspersonen

Die Stichprobe der Gruppe *Walking* umfaßte 13 rechtshändige Versuchspersonen. Sechs weibliche und sieben männliche Studentinnen und Studenten der Psychologie an der Universität Konstanz im Alter zwischen 22 und 63 Jahren (Mittelwert= 30.54, SD= 12).

Alle Probanden wußten vor Beginn des Experimentes, daß sie den Tag im Freien verbringen würden. Sie waren gebeten worden, in bequemen Laufschuhen und wetterfester Kleidung zur Universität zu kommen. Es wurden nur solche Personen in die Untersuchung aufgenommen, die vor dem Experiment angaben, körperlich in der Lage zu sein mehrere Stunden wandern zu können. Keine der Versuchspersonen wußte um das theoretische Konzept der Studie oder hatte Informationen über Hypothesen bezüglich der Experimente. Während der Versuchsdurchführung erhielten die Teilnehmer keinerlei Rückmeldungen über ihre Antworten. Alle Probanden fühlten sich zum Zeitpunkt der Erhebung gesund und nahmen keine (versuchsrelevanten) Medikamente. Am Untersuchungstag herrschte ein striktes Alkoholverbot. Den Probanden wurden für die Teilnahme am Experiment studiumsrelevante Versuchspersonenstunden gutgeschrieben

6.2.3. Versuchsablauf

Als zu begehende Teststrecke wurde eine 8-stündige Wanderung durch die Landschaft am Bodensee gewählt. Die Wanderung begann jeweils um 10.00 Uhr und führte aus dem Labor an der Universität zum Konstanzer Ortsteil Allmannsdorf, das Seeufer entlang zum Nachbarort Litzelstetten und in einem Bogen durch den Mainauwald zurück zur Universität. Die Versuchsleiterin begleitete jede der 13 Versuchspersonen. Die taktilen Diskriminationstests erfolgten wiederum in zeitlich Abständen von 15 Minuten. Diesen zeitlichen Sample-Einheiten entsprachen näherungsweise äquidistant verteilte Rastpunkte, an denen die taktile Diskriminationsleistung bestimmt wurde.

Der Experimentaltag begann für die Versuchsperson, nachdem sie mit dem Stimulusmaterial vertraut war, mit einem ersten Tastdurchgang im Labor. Danach brachen die Versuchsleiterin und die Versuchsperson zum ersten Meßort im Freien auf. Am Beginn jeder folgenden Testeinheit absolvierte die Versuchsperson den taktilen Test nacheinander mit beiden Händen in einem selbstgewählten Zeitraum, der sich je nach Bedarf auf ca. vier bis sieben Minuten erstreckte, um beide Karten abzutasten. Im Anschluß daran erfolgte eine Lokomotionsphase bis zum Erreichen des darauffolgenden Meßortes. Exakt 15 Minuten nach dem Beginn der letzten Messung wurden der Versuchsperson an diesem Ort erneut die abzutastenden Karten gereicht. Wenn die Versuchsperson nur kurze Zeit brauchte, um die Karten konzentriert und vollständig abzutasten, konnte sie danach früher den nächsten Messort erreichen und ihr verblieben einige Minuten vor der nächsten Aufgabe. Nach Ablauf von fünf Stunden enthielt die Laufstrecke einen sog. 'Pausenort', von dem aus nach dem absolvieren des taktilen Tests nicht direkt zum nächsten Meßort gewandert wurde. Vielmehr wurde nach einer Pause im Sitzen auch der nachfolgende Test an dieser Stelle vorgenommen (Messung Nr. 21 und 22). Alle Probanden waren in der Lage die Lokomotionsstrecken und Meßeinheiten in den vorgeschriebenen 15-Minuten-Einheiten zu absolvieren. Die

gesamte Strecke mit 33 Meßorten (wobei Messung Nr.1-Anfang und Nr.33-Ende in der Universität vorgenommen wurden) wurde damit von allen Personen in acht Stunden bewältigt.

Nachfolgende Abbildung zeigt als topographische Karte die gelaufene Strecke der Versuchspersonen

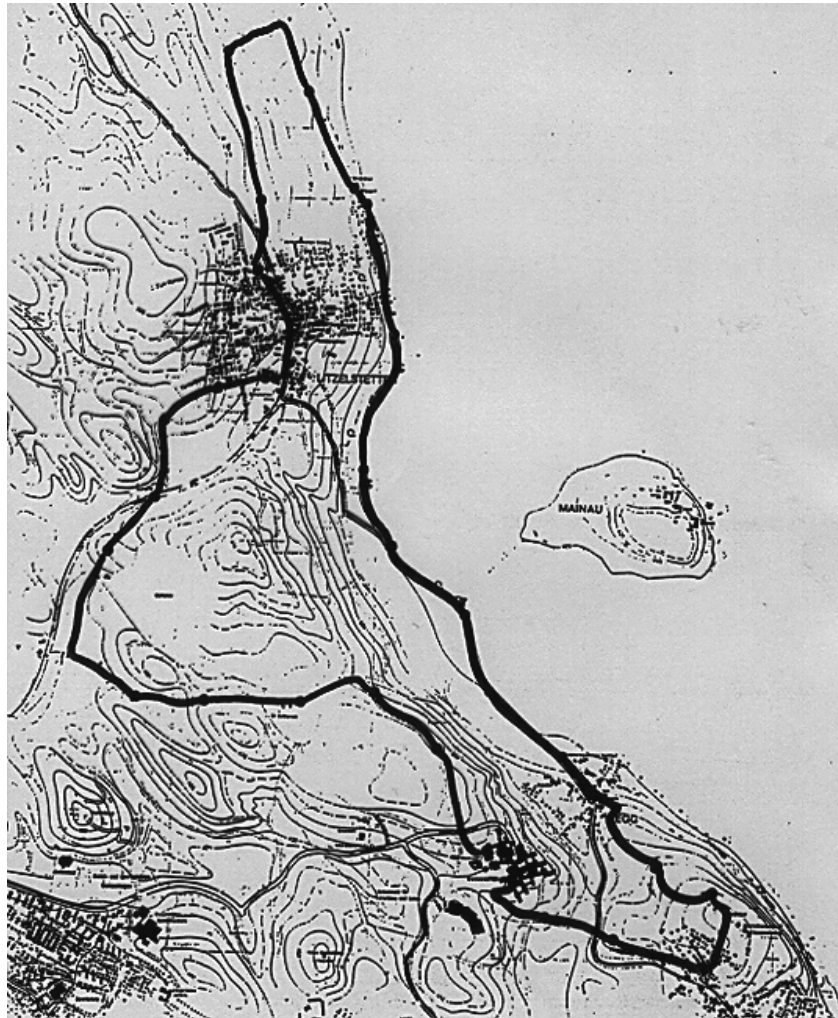


Abb. 34 Landkarte der Teststrecke, welche die Personen der Wandergruppe in acht Stunden zurücklegten. Die Testorte (kleine Kreise) sind dem Zeitintervall von 15 Minuten entsprechend näherungsweise äugidistant verteilt.

6.3. Methoden und Datenauswertung

Taktile Test

(Vgl. Kapitel 3.3.: Der taktile Test und Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung)

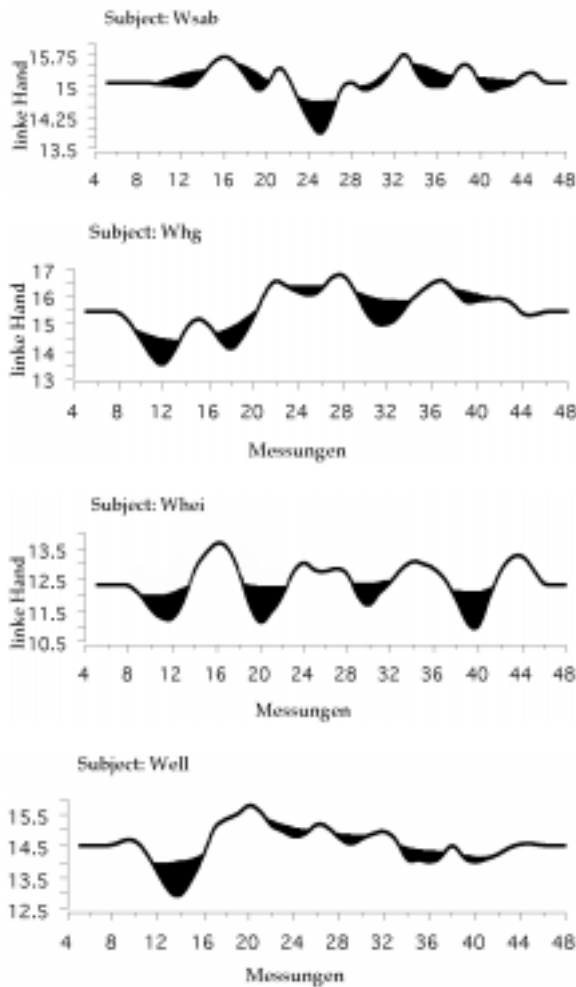
6.4. Ergebnisse der Felduntersuchung

6.4.1. Zeitreihen und Spurdiagramme: Ultradiane Muster im Raum

Ultradiane Oszillationen, dargestellt durch die Variationen taktile Diskriminationsfähigkeit, teilen das zeitliche Kontium des Tages in periodisch alternierende Phasen steigender und fallender Fehlerraten ein.

Diese zeitliche Periodizität läßt sich nun bei einer in Lokomotion befindlichen Versuchsperson auf der durchwanderten räumlichen Strecke abbilden. Die Halbphasen erhöhter Fehlerraten lassen sich auf der gelaufenen Strecke abtragen und damit in ein räumliches Muster umbilden, wie auf nachfolgender Abbildung für vier Personen der Gruppe *Walking* dargestellt. Die dunklen Balken in den Spurdiagrammen stellen Phasen erhöhter Fehlerraten einer Hand dar.

Zeitreihen der linkshändigen Oszillation von Fehlerraten (Filer 1)



Spurdiagramme der ultradianen Muster im Raum



Abb. 35 Die Abbildung zeigt an vier Beispielen, daß sich die 'Spurdiagramme' der Versuchspersonen deutlich voneinander unterscheiden. Das bedeutet, jede Person erfährt eine individuelle Zyklizität mit individuell verschiedenen raumzeitlichen Ausprägungen der Fehlerhoch- und -tiefphasen.

6.4.2. Lateralisierungsindizes der Tastleistung

Tabelle 29: Lateralisierungsindizes für die Mittelwerte aus 8-Stunden taktilem Diskriminationstest in Prozentwerten

	Vpn	$r/r+1*100 =$ % Richtignennungen	$l/r+1*100 =$ % Richtignennungen	%LI= $r-l/r+1*100$	
1	fem	WBIR	48.656	51.344	-2.688
2	fem	WELL	51.388	48.613	2.775
3	fem	WJUL	50.319	49.681	0.638
4	fem	WLIS	49.042	50.958	-1.917
5	fem	WMAG	50.334	49.666	0.669
6	fem	WSAB	51.394	48.606	2.789
7	male	WALF	50.151	49.845	0.3029
8	male	WAND	48.879	51.121	-2.243
9	male	WCHR	49.301	50.699	-1.398
10	male	WDIR	48.304	51.696	-3.392
11	male	WHEI	48.0	52.0	-4.0
12	male	WHG	49.951	50.049	-0.097
13	male	WRAL	51.228	48.772	2.456
		Gesamt	49.765	50.235	-0.470

Für die sechs Frauen ergibt sich im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel ein leichter Rechtshandvorteil: Mittelwert= 0.378% (2.297 SD). Dagegen ergibt sich für die sieben Männer im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel ein leichter Linkshandvorteil: Mittelwert -1.196% (2.259 SD). Sieben Personen (54%) zeigen einen leichten Linkshandvorteil in der Tastleistung. Der mittlere Grad der Lateralisierung über die ganze Gruppe ergibt Mittelwert -0.470% (2.327 SD).

6.4.3. Mittelwertvergleich zwischen rechter und linker Hand

Tabelle 30: Mittelwertvergleich zwischen rechter und linker Hand (univariate Varianzanalyse)

		Vpn	p
1	fem	WBIR	0.1990
2	fem	WELL	0.0808 (Trend)
3	fem	WJUL	0.6339
4	fem	WLIS	0.2246
5	fem	WMAG	0.5777
6	fem	WSAB	0.0256*
7	male	WALF	0.8187
8	male	WAND	0.2259
9	male	WCHR	0.4598
10	male	WDIR	0.0171*
11	male	WHEI	0.0599 (Trend)
12	male	WHG	0.9528
13	male	WRAL	0.0871 (Trend)

Zwei Personen zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Händen, der bei einer Personen auf einen signifikanten Rechtshandvorteil zurückzuführen ist, bei der anderen auf einen signifikanten Linkshandvorteil.

Der leichte Linkshandvorteil, der sich über die Gruppe insgesamt ergibt ist jedoch zu schwach um im Mittelwertvergleich für die Leistung der rechten und linken Hand einen statistisch signifikanten Unterschied zu ergeben $p = .4449$. 'Rechte' und 'linke Hand' unterscheiden sich damit - über die Gruppe betrachtet - nicht.

6.4.4. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links-und rechtshändiger Diskrimination

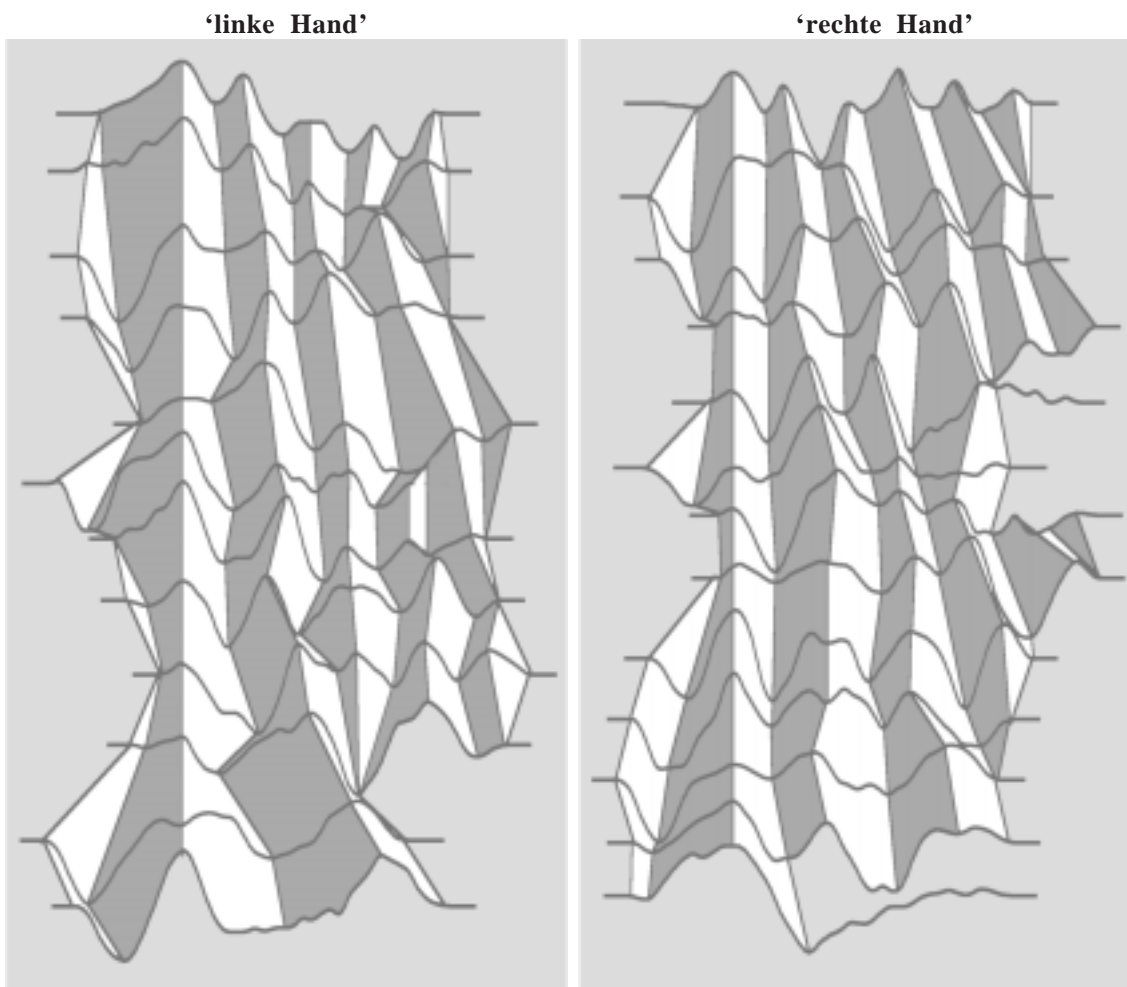


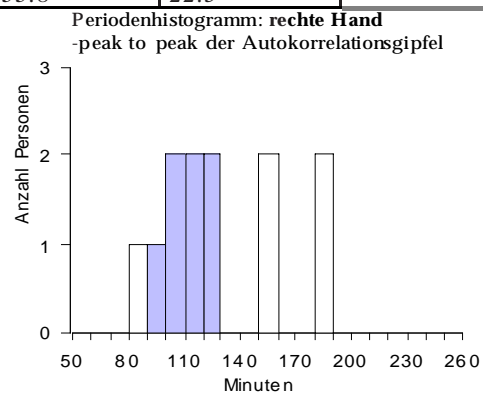
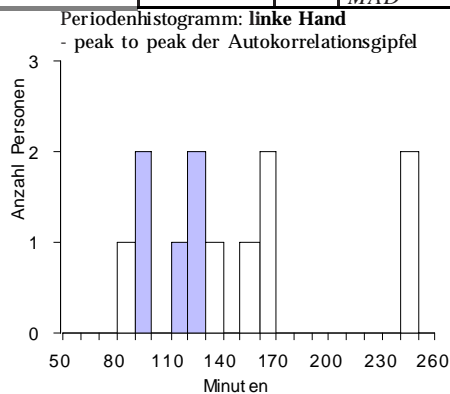
Abb. 36 Um die lateralisierten Oszillationen rechter und linker Hand visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der einzelnen Versuchspersonen entsprechend der Länge ihres ersten Spitze-zu-Spitze Intervalles untereinander angeordnet und auf das erste deutliche Maximum der Fehlerrate synchronisiert. Die Graphiken der Abbildung vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als hätten die Oszillationen ihr erstes Maximum der Fehlerrate zur selben Zeit erreicht. Verbindet man das erste, zweite, dritte und vierte Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie, hebt sich der oszillatorische Vorgang graphisch als "Wellenfeld" hervor. Aufsteigende Flanken sind dunkel gefärbt, absteigende hell.

6.4.5. Histogramme der Periodenintervalle der rechts-und linksseitigen Oszillation der taktilen Diskriminationsleistung

Tabelle 31: Periodenintervalle der taktilen Diskriminationsleistung

Berechnet wurden die Distanzen zwischen den Maxima der positiven Autokorrelationswerte für die 'rechte' und 'linke Hand' in Minuten (Vgl. Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung) - Alle Personen zeigen für die 'rechte Hand' systematische Leistungsschwankungen, eine Person allerdings zeigt dies für die 'linke Hand' nicht

		Vpn	'linke Hand'	'rechte Hand'
1	f	WBIR	240	105
2	f	WELL	97.5	112.5
3	f	WJUL	165	360
4	f	WLIS	150	120
5	f	WMAG	120	150
6	f	WSAB	90	82.5
Median			135	116.3
MAD			33.7	22.5
7	m	WALF	165	112.5
8	m	WAND	82.5	187.5
9	m	WCHR	/	180
10	m	WDIR	112.5	105
11	m	WHEI	120	150
12	m	WHG	240	97.5
13	m	WRAL	135	120
Median			127.5	120
MAD			26.3	22.5
Gesamt		Median	127.5	120
		MAD	33.8	22.5



From (≥)	To (<)	Count
80	90	1
90	100	2
100	110	0
110	120	1
120	130	2
130	140	1
140	150	0
150	160	1
160	170	2
170	180	0
180	190	0
190	200	0
200	210	0
210	220	0
220	230	0
230	240	0
240	250	2
Total		12

From (≥)	To (<)	Count
80	90	1
90	100	1
100	110	2
110	120	2
120	130	2
130	140	0
140	150	0
150	160	2
160	170	0
170	180	0
180	190	2
190	200	0
200	210	0
210	220	0
220	230	0
230	240	0
240	250	0
Total		12

Abb. 37 zeigt die Histogramme für die Periodenintervalle der Leistungsgipfel der Händezeitreihen in Minuten. Balken, die innerhalb des BRAC-Zeitbereiches liegen sind farblich herausgehoben.

Wie die Abbildung zeigt, oszilliert taktile Diskriminationsleistung der linken Hand bei fünf Versuchspersonen (38%) von den insgesamt 13 Personen dieser Gruppe **im Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Eine Person erfährt kürzere Periodenintervalle (zw. 60 und <120 Minuten), sechs Personen (46%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 240 Minuten) und eine Personen (8%) erfährt in der linkshändigen Leistung keine systematischen Schwingungen.

Insgesamt zeigt die 'linke Hand' im Median eine Zyklizität von **127.5 min. = 2.1 Std. = 11.3 Z/T**.

Ebenso oszilliert die taktile Diskriminationsleistung der rechten Hand bei sieben Versuchsperson (54%) von den insgesamt 13 Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Auch hier erfährt eine Person kürzere Periodenintervalle als zw. 60 und <120 Minuten, vier Personen (31%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 240 Minuten) und eine weitere Person erfährt eine Zyklizität im Bereich von 360 Minuten. Über diese kann aufgrund der Kürze der Zeitreihe keine gültige Aussage gemacht werden. Keine Person zeigt sich damit in der rechtshändigen Leistung ohne systematischen Schwingungen.

Insgesamt zeigt die rechte Hand im Median eine Zyklizität von **120 min. = 2 Std. = 12 Z/T**;

Die beiden Verteilungen unterscheiden sich statistisch nicht voneinander (Wilcoxon Signed Rank, reHand - liHand: p = .8445; Z= -.196). Die Intervalle der ultradianen Oszillationen der taktilen Diskriminationsfähigkeit wurden unter dieser Bedingung für die beiden Hände ähnlicher.

Die *Laborgruppe* und die *Walkinggruppe* wurden nun im Hinblick auf ihre Intervall-Histogramme verglichen. Es gab weder einen signifikanten Unterschied der rechtshändigen ‘Peak-to-Peak’ Intervallen zwischen den Gruppen, noch bei den linkshändigen. (P Labor right /Walking right = 0.260; P Labor left/Walking left = 0.259, Wilcoxon Signed Rank)

6.4.6. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand
 Alle Personen dieser Gruppe zeigen in der Kreuzkorrelationsvariable systematischen Zyklen.

Tabelle 32: Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen

Versuchsperson			Kreuzkorrelation RH versus LH (Minuten)		Vpn	Kreuzkorrelation RH versus LH (Minuten)
1	fem	WBIR	90	male	WALF	75
2	fem	WELL	75	male	WAND	75
3	fem	WJUL	80	male	WCHR	120
4	fem	WLIS	120	male	WDIR	60
5	fem	WMAG	60	male	WHEI	120
6	fem	WSAB	70	male	WHG	97.5
7				male	WRAL	105
Median / M			77.5 (82.5)	Median / M		97.5 (93.2)
MAD / SD			77.5 (20.9)	MAD / SD		22.5(23.7)
Gesamt			Median / M	80 (88.3)		
			MAD / SD	18 (22.2)		

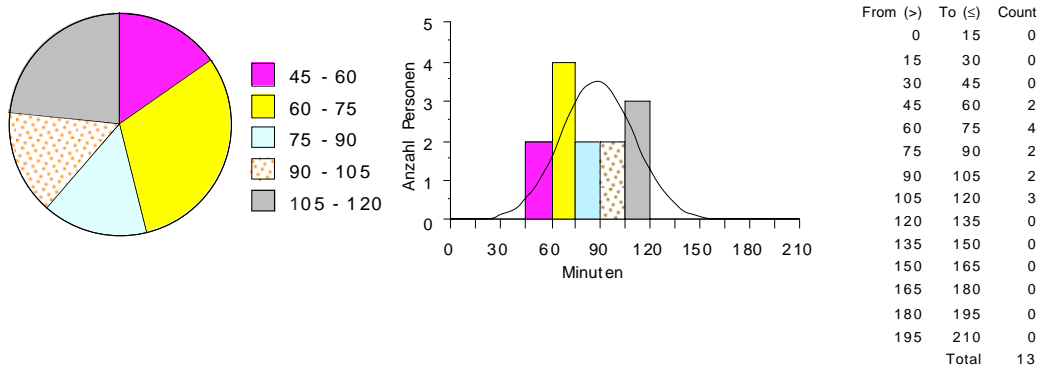


Abb. 38: Mittelwerte der positiven Maxima-Differenzen für jede Person

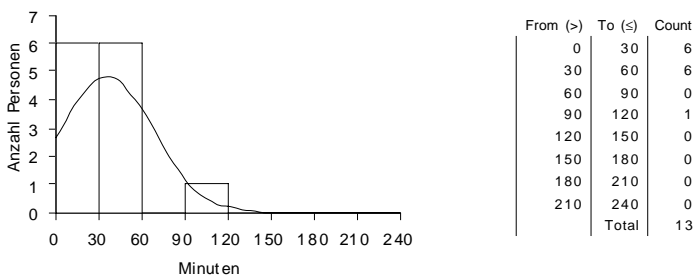


Abb. 39 Zeitdifferenz für jede Person zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum

Nachfolgende Abbildung 40 zeigt nicht mehr wie oben die Differenz zwischen dem Verschiebungspunkt 0 und dem ersten positiven Maximum der Kreuzkorrelationsvariable, sondern (als Histogramm) alle 'Peak-to-Peak' Differenzen zwischen den positiven Maxima.

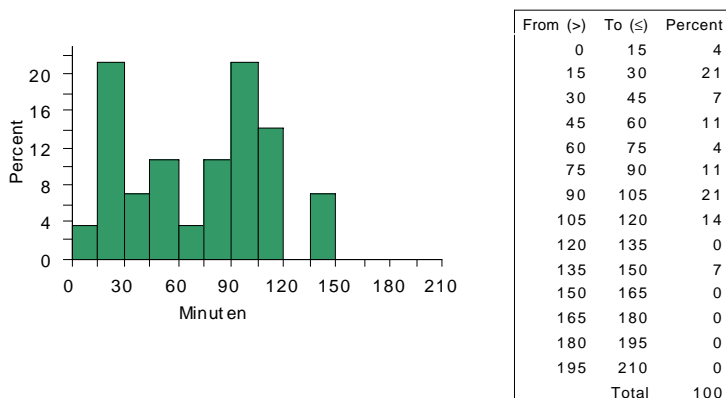


Abb. 40: Alle 'Peak-to-Peak' Differenzen zwischen den Maxima in der Kreuzkorrelationsvariable

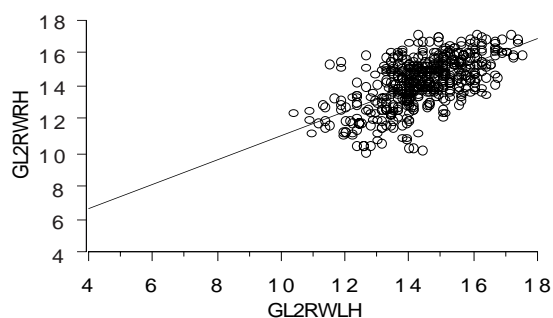
Korreliert man die Variablen 'rechte Hand' und 'linke Hand' jeweils um ein Lag versetzt (15 min.) schrittweise miteinander, so kann geprüft werden, nach wievielen Minuten die beiden Variablen wieder mit einem positiven Koeffizienten korrelieren. In unserem Fall wurden die positiven Maxima der Kreuzkorrelationszeitreihe und ihre zeitliche Differenz bestimmt. Dieses Verfahren gibt Auskunft über den periodischen Phasenzusammenhang der beiden Zeitreihen. Die Mittelwerte der 'Peak-to-Peak' Differenzen in der Kreuzkorrelationsvariable aus rechter versus linker Hand gruppieren sich im hier im Median zeitlich eng um den Frequenzbereich zwischen 60 und 105 Minuten.

4 Personen (31%) zeigen zum Verschiebungszeitpunkt 0 ein positives Maximum zeigen. Die Abbildung zeigt, daß die beiden Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand' bei 15% der Versuchspersonen schon nach einer Verschiebung um weitere ein bis zwei Lags (15-30 Minuten) maximal positiv aufeinander zu liegen kommen. Diese Tendenz kommt auch in der Regressionsanalyse zum Ausdruck.

6.4.7. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'

Tabelle 33: Regressionsanalyse zum Verschiebungszeitpunkt 0; (Filter 1;)

		Vpn	Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p
1	fem	WBIR	.031	.242	.022	.128	.8991
2	fem	WELL	-.054	.121	-.075	-.447	.6575
3	fem	WJUL	.376	.339	.184	1.108	.2754
4	fem	WLIS	-.076	.135	-.095	-.565	.5759
5	fem	WMAG	-.378	.178	-.337	-2.117	.0414*
6	fem	WSAB	-.042	.106	-.066	-.391	.6979
7	male	WALF	.206	.093	.351	2.220	.0330*
8	male	WAND	-.039	.142	-.047	-.278	.7824
9	male	WCHR	1.208	.255	.625	4.733	<.0001*
10	male	WDIR	.516	.135	.542	3.818	.0005*
11	male	WHEI	.211	.117	.292	1.809	.0790 (Trend)
12	male	WHG	.464	.080	.699	5.781	<.0001*
13	male	WRAL	.281	.124	.358	2.266	.0297*



$$[r (df 480) = .689, p < .0001]$$

Abb. 41: Regressionsanalyse der Richtnennungen der rechten Hand (GL2RWRH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'rechte Hand') versus derer der linken Hand (GL2RWLH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'linke Hand').

Um die Interhemisphärische ‘Shift-Hypothese’ zu prüfen, wurden die Zeitreihen der Hände kreuzkorreliert. Zunächst sollen die realen Phasenverläufe der taktilen Diskriminationsleistungen von rechter und linker Hand verglichen werden. Die beiden Zeitreihen jeder Person werden im ersten Schritt so verglichen, daß die Leistungen beider Hände zu jedem Meßzeitpunkt in Beziehung zueinander gesetzt werden, ohne jedoch schon gegeneinander verschoben worden zu sein. Sofern die lateralisierten ultradianen Fluktuationen nicht phasenverschoben zusammenhängen, sollte sich ein negativer Korrelationszusammenhang ergeben.

Die Regressionsanalyse ‘rechte Hand’ versus ‘linke Hand’ macht den über die Gruppe betrachtet positiven Zusammenhang zwischen beiden Variablen deutlich. Es bildet sich eine Punktwolke im Bereich zwischen 14 und 16 Richtignennungen. Acht Personen zeigen einen positiven Koeffizienten (Fünf davon signifikant, eine Person auf Trendniveau). Bei fünf Personen ist der Koeffizient negativ (eine davon signifikant).

Schon nach einer Verschiebung um weitere zwei Lags (30-60 Minuten) korrelieren weitere 46% positiv. Bei **92% der Personen liegt die zeitliche Distanz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum nicht weiter als eine Stunde auseinander**. Ferner erfährt nur eine Versuchsperson in der Kreuzkorrelationsvariable ein erstes positives Maximum später als 90 Minuten. 8% dieser Probanden zeigen das erste positive Maximum ihrer Kreuzkorrelationsvariable innerhalb des Frequenzbereiches des BRAC (90-120 Minuten).

Das anschließende Histogramm zeigt nun alle Zeitdifferenzen zwischen den positiven Maxima in den Kreuzkorrelations-Zeitreihen der Versuchspersonen. Hier fällt auf, daß eine große Anzahl der positiven Maxima-Differenzen in den Zeitbereich zwischen 15 und 30 Minuten fällt (21%) und die nächste Häufung von Maxima im Bereich zwischen 90 und 120 Minuten liegt (35%).

Bei 62% der Personen aus der Laufgruppe ereignet sich der Interhemisphärische Leistungsumschwung im Frequenzbereich bis \leq 90 Minuten (Mittelwert). Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) liegen 38%. Keine Person erfährt längere Perioden in ihrer Kreuzkorrelationsvariable.

Der von der (‘erweiterten’=80-120 Minuten) BRAC-Hypothese postulierte Interhemisphärische ‘Shift’ bestätigt sich damit mit einer mittleren Frequenz von 88.3 Minuten (Median: 80 min.)=1.47 Stunden= 16.3 Z/T.

Frauen zeigen sich in ihren Leistungsumschwüngen im Mittel um elf Minuten schneller als die Männer; im Median unterscheiden sie sich um 20 Minuten. Alle Personen zeigen zyklischen Leistungswechsel.

6.4.8. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen RH und LH

Tabelle 34 beschreibt diejenigen Versuchspersonen der Gruppe *Walking*, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der rechten Hand aufweisen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.328	.127	1.757	2.583	.0149	WAND
.315	.175	1.204	1.796	.0826	WCHR(Trend)
.309	.122	1.672	2.536	.0166	WHG
-.316	.108	-1.899	-2.926	.0065	WJUL
.260	.127	1.447	2.055	.0487	WLIS

Quadratischer Trend

-.009	.004	-1.724	-2.535	.0167	WAND
-.007	.003	-1.362	-2.066	.0476	WHG
-.006	.003	-1.270	-1.779	.0854	WRAL(Trend)
.008	.003	1.635	2.519	.0173	WJUL
-.007	.004	-1.363	-1.936	.0623	WLIS(Trend)

Tabelle 35 zeigt diejenigen Versuchspersonen der Gruppe *Walking*, die signifikante lineare Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der linken Hand aufweisen. Keine Person hat in der 'linken Hand' einen quadratischen Trend.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.246	.124	1.371	1.986	.0563	WALF(Trend)
.349	.158	1.456	2.216	.0344	WHG

Tabelle 36 Anordnung der Personen dieser Gruppe nach: negativem Regressions-Koeffizienten ($r \leq -.003$), keinem quadratischen Trend und positivem Regressions-Koeffizienten ($r \geq .003$).

'linke Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$	'rechte Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$
fem	WBIR			fem		WBIR	
fem		WELL		fem	WELL		
fem			WJUL	fem			WJUL*
fem		WLIS		fem	WLIS*(Trend)		
fem		WMAG		fem			WMAG
fem		WSAB		fem		WSAB	
male	WALF			male		WALF	
male		WAND		male	WAND*		
male	WCHR			male	WCHR		
male		WDIR		male	WDIR		
male	WHEI			male		WHEI	
male	WHG			male	WHG*		
male		WRAL		male	WRAL*(Trend)		

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der rechten Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Walking* zeigen sieben Personen (54%) einen negativen circadianen Halbphasenverlauf: $r \leq -.003$ (zwei Frauen, fünf Männer), vier Personen keine circadianen Schwankungen (zwei Frauen und zwei Männer) und zwei Personen (15%) einen langsamen positiven Verlauf: $r \geq .003$ (zwei Frauen, zwei Männer). 31% zeigen keine Schwankungen im circadianen Zeitbereich in der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand.

Vier Personen aus dieser Gruppe (31%) zeigen eine signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig signifikant negativem circadianem Trend. Eine weitere Person aus dieser Gruppe erfährt eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig signifikant positivem circadianem Trend.

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der linken Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Walking* zeigen fünf Personen (38%) einen negativen circadianen Halbphasenverlauf: $r \leq -.003$ (Eine Frau, vier Männer), sieben Personen keine circadianen Schwankungen (vier Frauen und drei Männer) und eine Person, 7%, einen langsamen positiven Verlauf: $r \geq .003$ (kein Mann). Die Hälfte der Versuchspersonen (54%) zeigt keine Schwankungen im circadianen Zeitbereich in der taktilen Diskriminationsleistung der linken Hand.

Zwei Männer aus dieser Gruppe (15%) erfährt eine signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'linke Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig negativem circadianem Trend.

6.4.9. Zusammenfassung und Diskussion

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können auch hier als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Es gilt allerdings die Einschränkung, daß diese Bezeichnung nicht mehr als eine naheliegende Interpretation ist, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin.

In der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand spiegelt sich für die prozentuale Mehrzahl der Versuchspersonen ein negativer circadianer Trend wider, für die linken Hände der Mehrzahl der Versuchspersonen dagegen zeigt sich keine circadiane Rhythmizität.

Zwei Personen, welche von einem negativen circadianen Einfluß auf die 'rechte Hand' zeugen, unterliegen diesem auch mit der 'linken Hand'. Eine weitere Person erfährt eine positive circadiane Schwingung in der 'rechten Hand' sowie mit der 'linken Hand'. Sowohl die 'rechte', als auch die 'linke Hand' unterliegen parallel einem circadianen Einfluß.

Bei keiner der Personen verhalten sich die circadianen Leistungskurven gegenläufig.

Anders als in der Gruppe *Labor*, welche den Tag über ohne kognitive Anforderung blieb, und für beide 'Hände' bei einem hohen Prozentsatz der Versuchspersonen keine circadianen Schwankungen aufweist, ist hier, wie schon in der dichotischen Hörgruppe, hauptsächlich die 'rechte Hand' von einer negativen Tageszyklizität betroffen. Die prozentuale Anzahl an Personen mit einem 'Mittagshoch' der Leistung erhöht sich hier gegenüber der dichotischen Hörgruppe noch. Für die 'linke Hand' dagegen zeigen sich in der *dichotischen Hörgruppe* wie auch in der *Walking*-Gruppe die Mehrzahl der Personen nicht von circadianen Schwankungen betroffen. Mehr als Hälfte der Versuchspersonen bleibt immerhin linksseitig ohne niederfrequente Schwingung, d.h. die prozentuale Anzahl von Personen, welche linksseitig einer positiven Tagesschwankung unterliegen, geht hier auch im Vergleich zur dichotischen Hörgruppe noch zurück.

Für fünf Probanden tritt eine lateralisierte Leistungsverbesserung im Laufe des Tages ein, nicht jedoch für die jeweils andere Hand. Eine Person erfährt eine deutliche linear verlaufende Fehlerminderung für beide 'Hände'. Eine weitere Person zeigt lateralisiert einen signifikanten Leistungsabfall über die Zeit.

Neben ultradianen und circadianen Fluktuationen, welche physiologisch bedingt sind, findet sich kein Anzeichen dafür, daß die anderen Probanden die Braille-Zeichen im Laufe des Tages wiedererkennen lernen. Offenbar ist eine Kodierung der sinnfreien Punktmuster nicht möglich. Vielmehr wird auch nach mehrstündiger Darbietung das taktile Diskriminationsergebnis 'naiv' wiedergegeben.

Lokomotion ist bekanntermaßen geeignet, die Wahrnehmungsschwelle der Haut zu verändern. Neben Duysens et al. (1995), die in ihrer Studie eine entsprechende Variabilität der Haut-Stimulations Intensität während Lokomotion gefunden hatte, untersuchten auch Labrecque et al. (1996) die Schwellenveränderung unter verschiedenen motorischen Aufgaben: stehend, fahrradfahrend und in Ruhe. Während der aktiven Bewegung fanden sie eine Schwellenerhöhung von 13%. Kein Unterschied zeigte sich jedoch zwischen ruhigem Sitzen und in stehender Position. Auch unseren Versuchspersonen der Lokomotionsgruppe konnte unterwegs nicht zu jedem Test-Zeitpunkt eine Sitzgelegenheit angeboten werden. Im Vergleich zwischen der *Labor*gruppe, welche die taktilen Tests im Sitzen absolvierte und der Lokomotionsgruppe, welche in den Lokomotionspausen stehend tastete, unterscheiden sich die Fehlermittelwerte zwischen der *Labor*gruppe und der *Walking*-Gruppe nicht. Die lokomotorische Freilandbedingung einschließlich ihrer Distraktoren beeinflusste weder die ultradiane Frequenz noch die Fehlerrate im Tasten. Offenbar wirkt der Maskierungsreiz 'Lokomotion' nicht in Pausenphasen nach. Damit mußte die Teilhypothese verworfen werden (vgl. Abschnitt 7.6).

7) Studie IV: Taktile Diskriminationstest und Orientierung - die räumliche Aufgabe

Zusammenfassung:

Der vorliegende Abschnitt beschäftigt sich mit der Frage, welcher Zusammenhang zwischen der kognitiven Leistung in verschiedenen perzeptiven, hemisphärenspezifischen Anforderungen und kovariierenden Verhaltensvariablen unter dem Einfluß cerebraler, lateralisierter Ultradianzyklen in natürlicher Freilandumgebung besteht. Die Studie wurde im Feld durchgeführt.

Die Versuchspersonen absolvierten parallel zum taktilen Diskriminationstest eine räumliche Aufgabe, Orientierung im begehbaren Freiraum, welche geeignet sein sollte, die Leistungszyklen der linken und rechten Hemisphäre unter Verarbeitung räumlichen Materials darzustellen. Referenz für diese Aufgabe bildet Studie III, welche in den Pausenphasen des taktilen Tests die Begehung einer festgelegten Lokomotionsstrecke im Freiland unter dem Einfluß natürlicher Distraktoren verlangte.

Die Versuchspersonen waren auch in dieser Studie bereit in viertelstündlichen Abständen anhand eines Befindlichkeitsfragebogens (SAM) Fluktuationen in ihrem emotionalen Befindenden zu dokumentieren. Ferner wurden sowohl die Nahrungsaufnahmezyklen der Versuchsperson, als auch das Lokomotion-Pauseverhalten notiert.

Am Ende des Versuchstages wurde die Versuchsperson angehalten, eine repräsentative Karte des explorierten Freilandgebietes aus der Erinnerung wiederzugeben (und auch die aus dem Tagesverlauf erinnerbaren Kommunikationsinhalte darin einzutragen). Der Phasenverlauf der Erinnerungsleistung des räumlichen Materials (rechte Hemisphäre), als auch der Phasenverlauf der Erinnerungsleistung des verbalen Materials (linke Hemisphäre) wurden mit dem Phasenverlauf der Leistungszyklen der linken und rechten Hand, sowie die Lateralisierungsschwankungen mit den Befindlichkeitszyklen verglichen.

7.1. Theoretische Ausgangsüberlegungen

Alle Säugetiere verfügen über die Fähigkeit der Orientierung im Raum. Die neurologische Basis der räumlichen Modelle werden 'kognitive Landkarten' genannt. Solche mentalen Landkarten erlauben es dem Menschen sich in seiner Umgebung räumlich zu orientieren, Distanzen und relative Positionen zwischen Örtlichkeiten, die auch außerhalb des momentanen Gesichtsfeldes liegen können, abzuschätzen. Diese Fähigkeit, sich von einem zentralen Bezugspunkt aus (Endosphäre) das Umfeld (Exosphäre) zu erschließen und relevante Orte sowie deren relative Lage zu erinnern, scheint schon früh in der Phylogenese des Menschen von Bedeutung gewesen zu sein (Potts, 1984; Isaac, 1980). Auch Spurdigramme heute lebender Jäger-Sammler zeugen von der Bedeutsamkeit zuverlässiger Orientierung im Gelände (Yellen und Harpending, 1972); eine Fähigkeit, welche der Mensch mit vielen Arten teilt¹⁸.

Eine hierin grundlegend involvierte Gehirnstruktur ist der Hippocampus, eine Komponente des limbischen Systems (Milner et al., 1968; O'Keefe and Conway, 1978). Die mentale Repräsentation der räumlichen Anordnung unserer Umwelt wird in den kognitiven Landkarten in Form von sog. 'place' und 'misplace'-Nervenzellen kodiert. Neurone, die 'feuern', wenn ein Objekt an seinem Ort erkannt wird ('place'), und solche, die 'feuern', wenn ein an einem Platz erinnertes Objekt sich nicht mehr dort befindet ('misplace'). Wird die Anordnung der räumlichen Umgebung experimentell verändert, zeigen sich bei der Ratte korrespondierende Veränderungen in der hippocampalen Aktivität. Wallace (1989) geht davon aus, daß der Prozeß des Anlegens kognitiver Landkarten auch im Menschen eine Funktion des Hippocampus ist. Es wird angenommen, daß 'place' und 'misplace'-Zellen das hippocampale Modell des Raumes kontinuierlich auf dem Laufenden halten und auf Größe sowie auf Positionen reagieren (Muller et al., 1983). Die hippocampale Theta-Aktivität (4-7 Hz) tritt je nach Spezies bei etwas unterschiedlichen Verhaltensweisen im Wachzustand auf, aber durchgängig im REM-Schlaf. Es wird vermutet, daß die Bedingung für das Auftreten der Theta-Aktivität im Wachen abhängig ist von der evolutiven Bedeutsamkeit der artspezifischen Verhaltensweise¹⁹.

Beim Menschen zeigt sich der hippocampale Thetarhythmus u.a. während Lokomotion und Orientierungsverhalten. In verschiedenen Arbeiten konnte gezeigt werden, daß der hippocampale Thetarhythmus die synaptische Plastizität im Hippocampus erhöhen kann, indem er für koinzidierend eintreffende Stimuli stabile Langzeitverstärkungen synaptischer

¹⁸ Auch Primaten sind darauf angewiesen, geeignete Futter-, Wasser- und Ruheplätze auf ihren Streifzügen wiederzufinden (Wrangham, 1977) und mit solchen Routen ihr Territorium abzustecken (Sigg and Stolpa, 1981).

Verbindungen erzeugt (Huerta und Lisman, 1993; Capocchi et al., 1992; Pavlides, 1988). Nach O'Neill (1991) werden räumliche Ereignisse, welche zeitlich zusammenhängend auftreten, miteinander assoziiert abgespeichert²⁰. Das physiologische Analogon zur assoziativen Struktur wäre ein neuronales Abbild als Netzwerk²¹. Aus dem Tierexperiment weiß man, daß sich durch wiederholte Konfrontation mit räumlichen Gegebenheiten sukzessive hippocampale Netzwerke aufbauen, welche diese Umgebung repräsentieren (O'Keefe and Nadel, 1976). Während einer Tagesroute von vielen Kilometern im Freiland ist das Lebewesen neben anderen Aufgaben damit beschäftigt, die relevanten Teile räumlicher Information zusammenzutragen und zu konsolidieren. Das *räumliche Arbeitsgedächtnis* (Olton et al., 1979) verfügt dabei über die Möglichkeit, eingespeicherte Informationen über Stunden (und länger) zu erhalten (Benz und von Cramon, 1981).

Am Nager konnte belegt werden, wie Tiere während des Lernens im Labyrinth in der Lage sind, neuronale Netze aufzubauen, deren synchrone Impulsaktivität synaptisch verbundener Neurone die gespeicherte räumliche Information über die Struktur des Labyrinths enthält (Wilson and McNaughton, 1994). Solche assoziierten Zellverbände neigen dazu, sich in Zukunft gegenseitig zu erregen und gemeinsame Aktivitätsmuster zu generieren. Bei der Bildung, Konsolidierung und Veränderung solcher Engramme spielt die wiederholte Einspeisung dieser räumlichen Umgebung eine Rolle, welche hemisphärenspezifisch in unterschiedlichen corticalen Aktivitätszuständen geschieht. Die Cortices beider Hemisphären empfangen ipsilaterale Projektionsfasern des aufsteigenden reticulären Systems. Aktivitäten der Formatio reticularis vermögen auf diesem Weg das Arousal beider Hemisphären zu beeinflussen. In einigen Kerngebieten der Formatio reticularis (Tegmentales Feld, Nucleus Raphe, Locus coeruleus) wurden Neurone gefunden, deren elektrische Aktivität in ultradianen Zyklen an- und abschwilt (Hobson et al, 1975, Mc Carley and Hobson, 1976)²².

Es gibt einige Belege, daß nicht nur visuelle Stimuli kontralateral verarbeitet werden, sondern auch mentale Bilder. Hemi-Neglect Patienten ignorierten die kontraläsionale Seite ihrer mentalen Bilder beim Zeichnen eines ihnen bekannten Stadtteils mit Straßen und Häusern aus der (mentalen/vorgestellten) 'Vogelperspektive' (Bisiach und Luzzatti, 1978). Auch der Hippocampus, bedeutsam als wesentliches neuronales Substrat zur Verarbeitung und Konsolidierung von Gedächtnisinhalten, ferner zum Aufbau 'mentaler Landkarten' (O'Keefe and Nadel, 1978, Scoville and Milner, 1957), unterliegt den ultradianen Phasen der verschiedenen Verhaltenszustände des Nervensystems. In allen Säugern bis auf den Menschen sind beide Seiten des Hippocampus Strukturen, die zum Anlegen räumlich-kognitiver Landkarten dienen (O'Keefe, 1985, 1992). Beim Menschen, so wird angenommen, erfolgt die corticale Verarbeitung mentaler Landkarten lateralisiert (Gazzaniga, 1983, S.963 ff). Der rechte Hippocampus sei spezialisiert für räumliches Mapping und dessen Erinnerung, der linke dagegen für verbales Material und dessen Erinnerung. Hinweise dafür geben spezifische Funktionsausfälle bei Läsionen. Schädigungen des rechten Hippocampus führen zu einer starken Beeinträchtigung räumlicher Erinnerung, abhängig vom Grad der Zerstörung (O'Keefe und Nadel, 1978; Squire, 1979). Diese Befunde legen nahe, daß diese Strukturen 'Abbilder' der Umgebung kodieren. Im Gegensatz dazu führt eine Zerstörung des linken Hippocampus zu einem Verlust verbaler Erinnerung (Gardner, 1974, S. 201; O'Keefe, 1985). Auch anatomische Befunde zeigen die hippocampale Bedeutung für lateralisierte Gedächtnisfunktionen auf. Eine Studie von Bremner et al. (1995) konnte den Zusammenhang zwischen der hippocampalen Veränderungen und verbaler Erinnerung aufzeigen. PTSD Patienten mit linkshemisphärischer Hippocampusverkleinerung zeigten verschlechterte Leistungen in verbaler Kurzzeiterinnerung gemessen über die 'Wechsler Memory Scale'. Auch PET-Studien zum cerebralen Blutfluß (Squire et al., 1992) zeigen eine erhöhte linksseitige hippocampale Aktivierung bei verbalen Aufgaben (Wortstammerngung).

¹⁹ z.B.: in Kaninchen: bei Lokomotion und sensorischen Reizen; in Ratten: bei Lokomotion und explorativem Verhalten; in Katzen: bei aufmerkamer Beobachtung und Beutefangverhalten.

²⁰ Prinzip der 'Kontiguität' (s. Ellen, 1980). Aus dem Tierversuch weiß man, daß örtliche Ereignisse zeitlich nicht zu weit auseinanderliegen dürfen um assoziiert zu werden. Ein geeignetes Zeitintervall, bei dem Ratten Ortsassoziationen vornehmen beträgt 15 Minuten.

²¹ vgl. 'Survey-Repräsentation' (Tolman, 1948)

²² Der Locus coeruleus, der Nucleus Raphe and das tegmentale Feld der Reticularformation arbeiten als funktionale Einheiten eines Limit-Cycle Oszillator-Systems welches zumindest das Erscheinen des REM-Schlafes mit Perioden von 1 1/2 Stunden initiiert (McCarley and Massaquoi, 1986). Gleichzeitig stellen diese drei Nuclei die Hauptfaserzüge dar, welche im Hirnstamm ihren Ursprung nehmen und im Hippocampus enden: cholinerge Fasern des tegmentalen Feldes, noradrenerge Fasern des Locus coeruleus und serotonerge Fasern des dorsalen and medialen Nucleus Raphe (Vertes, 1986).

Aus den Erkenntnissen der funktionalen Hemisphärenasymmetrie liegen gesicherte Erkenntnisse zur Lateralisierung der Gedächtnisfunktion vor. Verbale Gedächtnisinhalte werden von Rechtshändern vorrangig linkshemisphärisch verarbeitet, visuell-räumliche Gedächtnisinhalte dagegen mehrheitlich rechtshemisphärisch (vgl. Kolb und Wishaw, 1985). Binder et al. (1996) konnten zeigen, daß die Verarbeitung verbaler Gedächtnisinhalte tatsächlich linkshemisphärisch stattfindet. Bei 30 Probanden wurde während einer semantischen Erinnerungsaufgabe, in Ruhe und während einer akustischen Aufgabe ein funktionelles MRT aufgezeichnet. Aktivierung zeigte sich während der semantischen Erinnerungsaufgabe im linken medialen Temporallappen (anteriorer Hippocampus, Parahippocampus). Im rechten Temporallappen zeigte sich keine signifikante Aktivierung. O'Keefe faßte 1985 zusammen: "the left hippocampus appears to function as a semantic map for the storage and manipulation of narratives".

7.2. Hypothesen

Unter Annahme der ultradianen Aktivierung der cerebralen Hemisphären nach dem erweiterten BRAC-Modell, daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 80-120 Minuten, mit dem periodischen gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht und damit einen zyklisch alternierenden Wahrnehmungsvorteil der linken und rechten Körperseite hervorruft, lautet die Fragestellung für diese Experimentalgruppe:

Kann die von der BRAC-Hypothese postulierte Variation der Leistung im ultradianen Zeitbereich anhand einer räumlichen Orientierungsaufgabe im Vergleich mit der taktilen Methode bestätigt werden?

Geprüft werden soll hier welcher Zusammenhang zwischen den Leistungsschwankungen in der taktilen Diskriminationsfähigkeit der linken Hand (rechte Hemisphäre) und einer räumlichen Orientierungsaufgabe (rechte Hemisphäre), sowie der rechten Hand (linke Hemisphäre) und einer verbalen Erinnerungsaufgabe (linke Hemisphäre) unter dem Einfluß cerebraler, lateralisierte Ultradianzyklen besteht.

Der Einfluß lateralisierte ultradianer Rhythmen auf neurophysiologische und neuroendokrine Aktivitäten der Hemisphären sollte sich auch bei solchen Mechanismen bemerkbar machen, die am Aufbau mentaler Landkarten beteiligt sind. Dieser Einfluß sollte sich in der Güte deren Wiedergabe niederschlagen.

Unter der Voraussetzung, daß die Hemisphärenaktivierung alternierend zwischen rechts und links erfolgt, sollte sich eine ultradian schwankende Orientierungsleistung/räumliche Erinnerungsleistung (und auch eine dazu antizyklisch schwankende verbale Erinnerungsleistung) einstellen. Wenn endogene ultradiane Rhythmitäten alternierend Einfluß nehmen auf die cerebralen Hemisphären, dann sollten entsprechende Leistungsschwankungen in der Bewältigung der taktilen Aufgabe der linken Hand zusammen mit der räumlichen Orientierungsaufgabe (und Leistungsschwankungen der rechten Hand zusammen mit der verbalen Erinnerungsleistung) auftreten.

1. Die Haupthypothese postuliert auch in dieser Studie, daß die Anzahl der Richtignennungen der rechten gegenüber der linken Hand präsentierten taktilen Stimuli zyklisch alterniert, d.h., daß sich die Leistungsmaxima 'rechts' gegen 'links' phasenverschoben zeigen und sich der Wechsel dieses Wahrnehmungsvorteils im 80-120 Minuten-Zyklus vollzieht.

Für den Zusammenhang zwischen den Phasenverläufen der räumlichen (und verbalen) Erinnerungsleistung und denen der Richtignennungen im taktilen Test werden weiterhin folgende Teilhypothesen aufgestellt:

2. Die Diskriminationsfähigkeit der linken Hand (rechte Hemisphäre) bildet sich in Phase mit einer verbesserten räumlichen Erinnerung (rechte Hemisphäre) ab (sowie die Diskriminationsfähigkeit der rechten Hand (linke Hemisphäre) sich in Phase mit einer verbesserten verbalen Erinnerungsleistung (linke Hemisphäre) zeigt).
3. Die Phasenverläufe der räumlichen und verbalen Erinnerungsleistung schwanken antizyklisch.

Für die Hypothesen bzgl. der Befindlichkeit, des Lokomotionsverhaltens und der Nahrungsaufnahme siehe Kapitel 7, 9 und 10.

7.3. Versuchsplan und Datenerhebung

Die Datenerhebung mittels einer Orientierungsaufgabe im Freiland, des taktilen Diskriminationstests (Braille) und des Befindlichkeitsfragebogens an studentischen Probanden erfolgte während der Sommermonate 1994. Zur Auswahl der Versuchspersonen wurden die Interessenten, nachdem sie erfahren hatten, daß es sich um einen ganztägigen Test im Freiland unter Lokomotionsbedingungen handelt, darauf hingewiesen, daß das Orientierungsexperiment für ungeübte Personen möglicherweise körperlich anstrengend würde (nicht standardisiert) und sie selbst einschätzen sollen, ob sie in der Lage wären, an einem heißen Sommertag einen achtstündigen Fußmarsch gut zu verkraften. Studenten, die am Versuch teilnehmen wollten, wurden gebeten, mit Outdoor-Bekleidung und Proviant zur Universität zu kommen. An Regentagen wurde die Versuchsdurchführung vertagt. Den Probanden wurden für die Teilnahme am Experiment studiumsrelevante Versuchspersonenstunden gutgeschrieben.

7.3.1 Fragebogen und Instruktion

Zunächst füllten die Probanden Fragebögen zu persönlichen Daten, zur Muttersprache und zur Händigkeit aus. Die laterale Präferenz wurde basierend auf dem erweiterten Selbsteinschätzungsfragebogen nach Coren et al. (1979) und dem Edinburgh Händigkeitsinventar nach Oldfield (1971) erhoben. Mit Hilfe dieses Verfahrens wurde nicht nur die Seitenpräferenz von Hand, Fuß, Auge und Ohr der Versuchsperson erfragt, sondern auch die Händigkeit der Verwandten ersten Grades erfaßt. Die Probanden, für die sich zu über 70% eine Präferenz der rechten Seite ergab, wurden als rechtshändig bezeichnet. Die Seitenpräferenz in dieser Gruppe variiert zwischen 82% und 100 % für rechts. Nach diesem Kriterium konnten alle zehn an der Studie beteiligten Probanden als Rechtshänder klassifiziert werden.

Danach wurden die Versuchspersonen über Einzelheiten des bevorstehenden Versuchstages instuiert. Die Instruktion erfolgte mündlich.

Den Versuchsteilnehmern wurde erklärt, daß sie nun mit der Versuchsleiterin in einem Wagen in ein ihnen unbekanntes Landschaftsschutzgebiet fahren würden. Dieses Waldgebiet sei der Ort, den sie während dieses Tages so gut als möglich kennenlernen sollten. Ferner wurde der Hinweis gegeben, daß die äußeren Grenzen des Gebietes durch es umgebende Hauptverkehrsstraßen markiert seien. Über die tatsächliche Größe des Orientierungsgebietes wurden keine Angaben gemacht.

Den Teilnehmern wurde ferner gesagt, daß die Versuchsleiterin sie den ganzen Tag über begleiten würde, sie selbst aber frei bestimmen sollten, wohin sie innerhalb des bezeichneten Gebietes spazieren möchten, wie schnell die Laufgeschwindigkeit sein soll, wie lange am Stück sie wandern und wann und wie oft sie Pause machen möchten. Den Probanden wurde erlaubt, ganz nach ihren sonstigen Gewohnheiten zu essen, trinken und rauchen und dabei nur nach den eigenen Gewohnheiten und ihrem Wohlbefinden vorzugehen. Sie wurden deutlich darauf hingewiesen, sich nicht körperlich zu überfordern.

Als Aufgabe wurde den Studenten mitgeteilt, daß sie nach Ablauf der acht ihnen zur Verfügung stehenden Stunden eine Geländeskizze anfertigen sollten mit allen markanten Punkten, Wegen, Wasserläufen, Wiesen, Waldstücken, Anhöhen und Tälern und ferner mit allem, was ihnen selbst wichtig erscheint, was sie gesehen haben und erinnern können. Während der Versuchszeit wurden keine Notizen erlaubt. Mit Ablauf der acht Stunden sollten die Personen wieder am Ausgangspunkt/Start angelangt sein.

Ferner würde ihnen die Versuchsleiterin 4x pro Stunde Blindenschriftkarten zum rechts und linkshändigen Abtasten der darauf eingestanzten Muster reichen, sowie sie jeweils im Anschluß darum bitten, den Befindlichkeitsfragebogen anzukreuzen.

7.3.2. Versuchspersonen

Die Stichprobe der Gruppe *Orientierung* umfaßte zehn Versuchspersonen. Sechs weibliche und vier männliche Studentinnen und Studenten der Psychologie an der Universität Konstanz im Alter zwischen 23 und 29 Jahren (Mittelwert=26.3; SD= 2.45).

Keine der Versuchspersonen wußte um das theoretische Konzept der Studie oder hatte Informationen über Hypothesen bezüglich der Experimente. Während der Versuchsdurchführung erhielten die Teilnehmer keinerlei Rückmeldungen über ihre Antworten.

Alle Probanden fühlten sich zum Zeitpunkt der Erhebung gesund und nahmen keine (versuchsrelevanten) Medikamente. Am Untersuchungstag herrschte ein striktes Alkoholverbot.

7.3.3. Versuchsablauf

Der Versuchsleiter fuhr die Versuchsperson vor Testbeginn mit einem Auto zu einem außerhalb der Stadt gelegenen und dem Probanden unbekanntem Naturschutzgebiet. Am Startpunkt angekommen wurde eine erste Testeinheit durchgeführt: zunächst absolvierte die Versuchsperson den taktilen Test nacheinander mit beiden Händen in einem selbstgewählten Zeitraum, der sich je nach Bedarf auf einen Zeitraum zwischen ca. vier und sieben Minuten erstreckte, um beide Karten abzutasten, und im Anschluß daran erfolgte eine subjektive Befindlichkeitseinschätzung auf einem mitgeführten Testbogen (ca. 30 Sek). Danach begann für die verbleibenden 8-11 Minuten die Wanderung durch das ca. 10 km² umfassende Freilandgebiet, die viertelstündlich unterbrochen wurde, um die soeben beschriebenen Testeinheiten zu absolvieren. Die Versuchsleiterin protokollierte auf einer Landkarte fortlaufend den Wanderweg der Versuchsperson und notierte zu jedem Meßzeitpunkt den Kilometerstand, der anhand eines von der Versuchsleiterin mitgeführten Pedometers aufgezeichnet wurde. Ferner notierte sie händisch die Uhrzeiten der Nahrungsaufnahme und auch besondere Ereignisse (z.B. Distraktoren)

Am Abend des Versuchstages, nach der 32. Testeinheit, wenn die Personen wieder am Ausgangspunkt angelangt waren, wurden sie angehalten, eine repräsentative Skizze des explorierten Freilandgebietes aus der Erinnerung wiederzugeben. Bei vier Personen wurde zusätzlich nicht nur verlangt, am Ende des Versuchstages eine Geländeskizze des Gesehenen mit räumlichen Details anzufertigen, sondern auch Erinnerungen an verbale Inhalte in dieser Skizze mit einzutragen, und auch die aus dem Tagesverlauf erinnerbaren Kommunikationsinhalte darin einzutragen.

7.4. Methoden und Datenauswertung

Die Orientierungsaufgabe



Abb. 42 Testgebiet der räumlichen Orientierungsaufgabe (1:25000, Topographische Karte 'Überlingen-West', 1994)

Die Abbildung zeigt einen Kartenausschnitt des Naturschutzgebietes zwischen den Orten Dingelsdorf, Dettingen und Litzelstätten, welches innerhalb der eingezeichneten Grenzen (schwarze Linie) als Orientierungsgebiet diente (Seen sind als schwarze Kreise dargestellt).

Zur Datenauswertung wurden die Skizzen der Versuchspersonen auf dessen tatsächlich zurückgelegten Weg übertragen und anhand der 32 Meßpunkte mit '1' für erinnerte Orte und '0' für nicht erinnerte Punkte kodiert. Auf diese Weise wurden die räumlichen Erinnerungen als Funktion der Tageszeit abgetragen. Die so entstandenen 'Map'-Zeitreihen wurden in der weiteren Datenverarbeitung ebenso behandelt wie die aus dem taktilen Test gewonnenen Hände-Zeitreihen. Das selbe Verfahren wurde für die erinnerten verbalen Kommunikationsinhalte gewählt. Auch diese 'Verbal-Map'-Zeitreihen wurden derselben Datenanalyse unterzogen.

Lokomotion

Die pedometrisch aufgezeichneten, individuellen Lokomotionsschübe (m/15 min.) zwischen den 32 Meßpunkten wurden wie die Zeitreihen des taktilen Diskriminationstest als Funktion der Tageszeit abgetragen. Die so entstandenen Lokomotions-Zeitreihen wurden in der weiteren Datenverarbeitung analog der Hände-Zeitreihen behandelt.

Taktile Test

(Vgl. Kapitel 3.3.: Der taktile Test und Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung)

Befindlichkeitsfragebogen

(Vgl. Kapitel 9: 'Ultradiane Rhythmen der Befindlichkeit')

Nahrungsaufnahme

Zur Datenauswertung wurden die protokollierten Zeitpunkte der Nahrungsaufnahme jeder Versuchsperson den 32 Viertelstunden der Testeinheiten zugeordnet und mit '0' für keine Nahrungsaufnahme und '1' für Nahrungsaufnahme bewertet. Die so entstandenen Nahrungsaufnahme-Zeitreihen wurden in der weiteren Analyse behandelt wie die Hände-Zeitreihen aus dem taktilen Test.

7.5. Ergebnisse

7.5.1. Lateralisierungsindizes der Tastleistung

Tabelle 37: Lateralisierungsindizes für die Mittelwerte aus 8-Stunden taktilen Diskriminationstest in Prozentwerten

	Vpn	r/r+1*100 =% Richtignennungen	l/r+1*100 =% Richtignennungen	%LI=r-l/r+1*100
1	OBETS	51.213	48.787	2.425
2	fem OCHRN	50.859	49.142	1.718
3	fem OKATB	49.849	50.151	-0.302
4	fem OPATR	49.003	50.997	-1.995
5	fem OSTRE	48.969	51.031	-2.062
6	fem OULR	49.320	50.680	-1.360
7	male OJOES	48.606	51.394	-2.787
8	male OKLAH	51.874	48.126	3.747
9	male OOLIL	49.702	50.298	-0.596
10	male ORALW	51.577	48.423	3.155
	Gesamt	50.097	49.903	0.194

Für die sechs Frauen ergibt sich im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel - im Gegensatz zu anderen Gruppen - ein leichter Linkshandvorteil: Mittelwert= -0.263% (1.928 SD). Dagegen ergibt sich für die vier Männer im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel - im Gegensatz zu anderen Gruppen - ein leichter Rechtshandvorteil: Mittelwert 0.88% (3.110 SD). Sechs Personen (60%) zeigen einen leichten Linkshandvorteil in der Tastleistung, der gegenüber dem Rechtshandvorteil der anderen vier Personen schwächer ausfällt. Der mittlere Grad der Lateralisierung über die ganze Gruppe ergibt mit Mittelwert 0.194% (2.374 SD) und damit insgesamt einen leichten Rechtshandvorteil. Allerdings gilt zu beachten, daß dieser mittlere Rechtshandvorteil nur knapp 2% beträgt.

7.5.2. Mittelwertsvergleich zwischen rechter und linker Hand

Tabelle 38: Mittelwertsvergleich zwischen rechter und linker Hand (univariate Varianzanalyse):

	Vpn	p
1	fem OBETS	0.3694
2	fem OCHRN	0.0428*
3	fem OKATB	0.7827
4	fem OPATR	0.2850

5	fem	OSTRE	0.2710
6	fem	OULRK	0.3695
7	male	OJOES	0.9566
8	male	OKLAH	0.0163*
9	male	OOLIL	0.6874
10	male	ORALW	0.0021*

Drei Personen zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Händen, der bei allen auf einen signifikanten Rechtshandvorteil zurückzuführen ist.

Der leichte Rechtshandvorteil, der sich über die Gruppe insgesamt ergibt, ist jedoch zu schwach um im Mittelwertsvergleich für die Leistung der rechten und linken Hand einen statistisch signifikanten Unterschied zu ergeben. 'Rechte' und 'linke Hand' unterscheiden sich - über die Gruppe betrachtet - nicht.

7.5.3. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links- und rechtshändiger Diskrimination

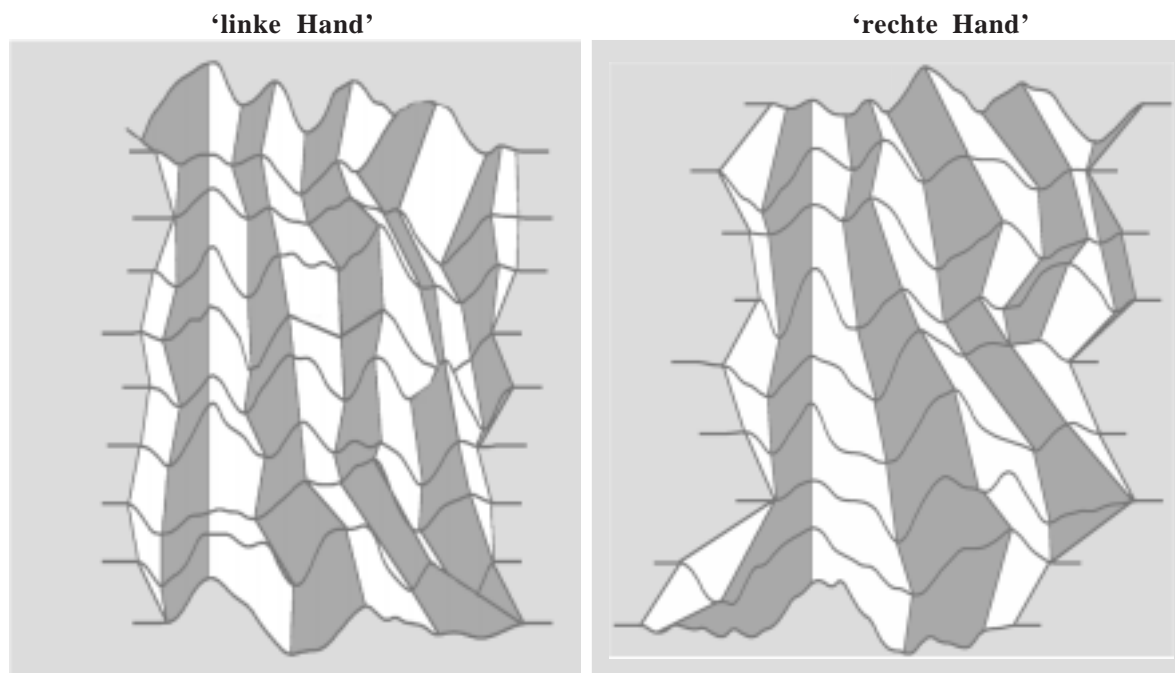


Abb. 43: Um die lateralisierten Oszillationen rechter und linker Hand visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der einzelnen Versuchspersonen entsprechend der Länge ihres ersten Spitze-zu-Spitze Intervalles untereinander angeordnet und auf das erste deutliche Maximum der Fehlerrate synchronisiert. Die Graphiken der Abbildung vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als hätten die Oszillationen ihr erstes Maximum der Fehlerrate zur selben Zeit erreicht. Verbindet man das erste, zweite, dritte und vierte Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie, hebt sich der oszillatorische Vorgang graphisch als "Wellenfeld" hervor. Aufsteigende Flanken sind dunkel gefärbt, absteigende hell.

7.5.4. Histogramme der Periodenintervalle der rechts- und linksseitigen Oszillationen in der taktilem Diskriminationsleistung

Tabelle 39: Periodenintervalle der taktilem Diskriminationsleistung

Berechnet wurden die Distanzen zwischen den Maxima der positiven Autokorrelationswerte für die rechte und 'linke Hand' in Minuten (Vgl. Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung) - Alle Personen zeigen für die 'linke Hand' systematische Leistungsschwankungen; eine Person zeigt dies für die 'rechte Hand' nicht

		Vpn	'linke Hand'	'rechte Hand'
1	fem	OBETS	135	105
2	fem	OCHRN	180	120
3	fem	OKATB	165	240
4	fem	OPATR	90	240
5	fem	OSTRE	165	210
6	fem	OULRK	105	165
Median / M			150 (140)	187.5 (180)
MAD / SD			22.5 (36.3)	52.5 (59.2)
7	male	OJOES	225	120
8	male	OKLAH	120	150
9	male	OOLIL	120	165
10	male	ORALW	120	/
Median / M			120 (155)	135 (138.7)
MAD / SD			0 (60.6)	138.7 (22.5)
Gesamt		Median / M	135 (145)	157.5 (163.5)
		MAD / SD	30 (42.4)	37.5 (50.7)

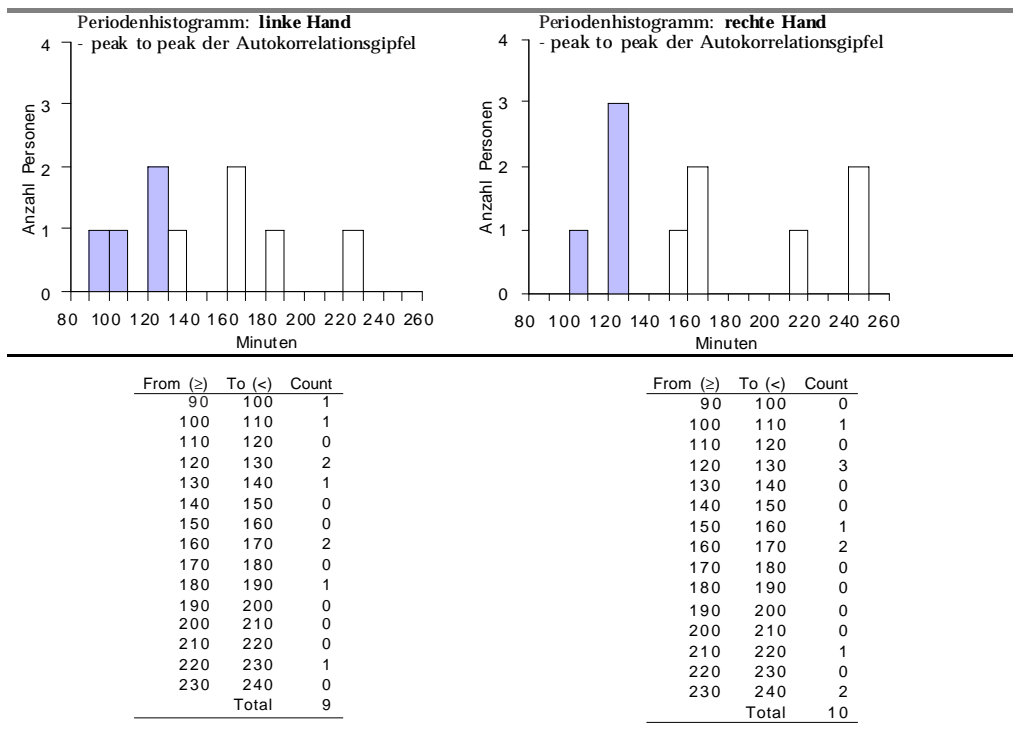


Abb. 44 zeigt die Histogramme für die Periodenintervalle der Leistungsgipfel für beide Händezitreihen in Minuten. Balken, die innerhalb des BRAC-Zeitbereiches liegen sind farblich herausgehoben.

Die taktile Diskriminationsleistung der linken Hand oszilliert bei vier Versuchspersonen (40%) von den insgesamt zehn Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Keine Person erfährt kürzere Periodenintervalle als zw. 60 und <120 Minuten, fünf Personen (50%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 240 Minuten) und eine Person (10%) erfährt in der linkshändigen Leistung keine systematischen Schwingungen.

Insgesamt zeigt die 'linke Hand' im Median eine Zyklizität von **135 min. = 2.25 Std. = 10.7 Z/T**.

Ebenso oszilliert die taktile Diskriminationsleistung der rechten Hand bei vier Versuchsperson (40%) von den insgesamt zehn Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Auch hier erfährt keine Person kürzere Periodenintervalle als zw. 60 und <120 Minuten, sechs Personen (60%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 240 Minuten). Keine Person zeigt sich in der rechtshändigen Leistung ohne systematischen Schwingungen.

Insgesamt erfährt die 'rechte Hand' im Median eine Zyklizität von **157.5 min. = 2.6 Std. = 9.1 Z/T**;

Die beiden Verteilungen unterscheiden sich statistisch nicht voneinander (Wilcoxon Signed Rank, reHand - liHand: $p = .3743$; $Z = -.889$)

7.5.5. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktile Diskriminationsleistung rechter und linker Hand

Tabelle 40: Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen

	Vpn female	Kreuzkorrelation RH versus LH (Minuten)	Vpn male	Kreuzkorrelation RH versus LH (Minuten)		
1	fem	OBETS	36	male	OJOES	135
2	fem	OCHRN	82.5	male	OKLAH	55
3	fem	OKATB	120	male	OOLIL	80
4	fem	OPATR	(0)	male	ORALW	90
5	fem	OSTRE	75			
6	fem	OULRK	75			
Median / M		75 (77.7)	Median / M		85 (90)	
MAD / SD		7.5 (29.9)	MAD / SD		17.5 (33.4)	
	Gesamt	Median / M	80 (83.2)			
		MAD / SD	10 (30)			

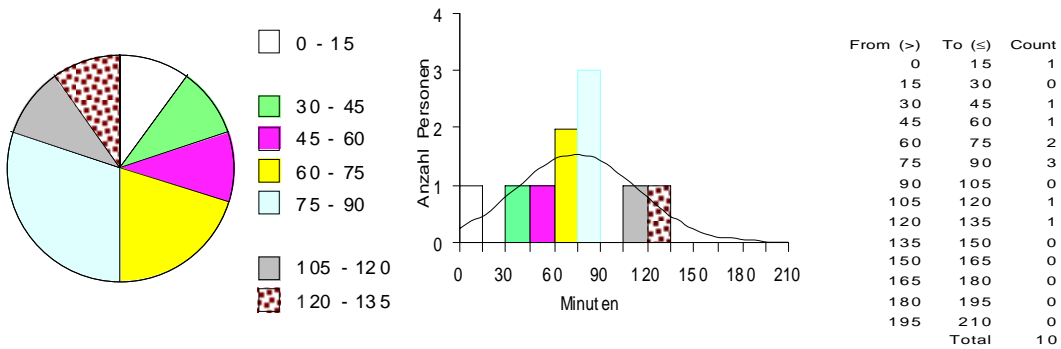


Abb. 45: Mittelwerte der positiven Maxima-Differenzen für jede Person

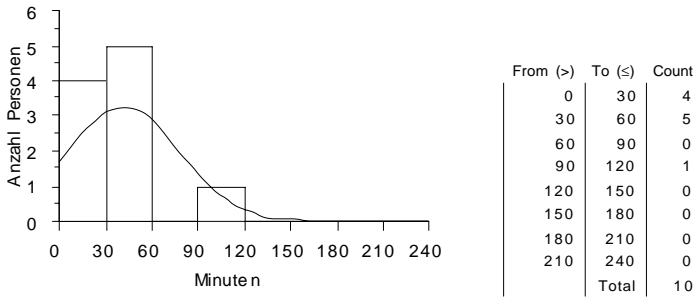


Abb. 46: Zeitdifferenz für jede Person zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum

Nachfolgende Abbildung zeigt nicht mehr wie oben die Differenz zwischen dem Verschiebungspunkt 0 und dem ersten positiven Maximum der Kreuzkorrelationsvariable, sondern (als Histogramm) alle ‘Peak-to-Peak’ Differenzen zwischen den positiven Maxima.

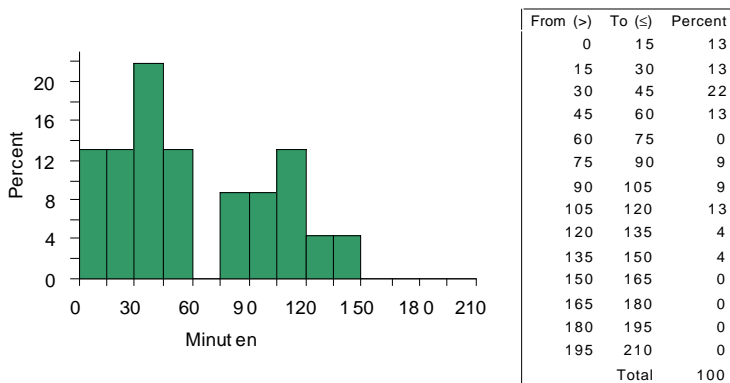


Abb. 47 Alle ‘Peak-to-Peak’ Differenzen zwischen den Maxima der Kreuzkorrelationen

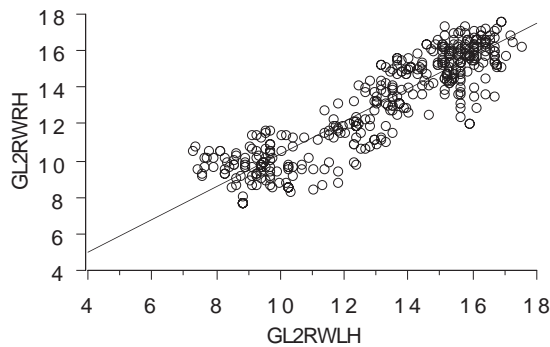
Korreliert man die Variablen ‘rechte Hand’ und ‘linke Hand’ jeweils um ein Lag versetzt (15 min.) schrittweise miteinander, so kann geprüft werden, nach wievielen Minuten die beiden Variablen wieder mit einem positiven Koeffizienten korrelieren. In unserem Fall wurden die positiven Maxima der Kreuzkorrelationszeitreihe und ihre zeitliche Differenz bestimmt. Dieses Verfahren gibt Auskunft über den periodischen Phasenzusammenhang der beiden Zeitreihen. Die Mittelwerte der ‘Peak-to-Peak’ Differenzen in der Kreuzkorrelationsvariable aus rechter versus linker Hand streuen zeitlich um den Frequenzbereich zwischen 30 und 135 Minuten mit einem deutlichen Gipfel zwischen 60 und 90 Minuten.

Zwei Personen (20%) zeigen schon zum Verschiebungszeitpunkt 0 ein positives Maximum. Die Abb. 46 zeigt, daß die beiden Zeitreihen ‘rechte’ und ‘linke Hand’ bei 20% der Versuchspersonen schon nach einer Verschiebung um weitere ein bis zwei Lags (15-30 Minuten) maximal positiv aufeinander zu liegen kommen. Diese Tendenz kommt auch in der Regressionsanalyse zum Ausdruck.

7.5.6. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'

Tabelle 41: Regressionsanalyse zum Verschiebungszeitpunkt 0; (Filter 1)

	SUBJECT	Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p
1	OBETS f	.162	.115	.234	1.405	.1691
2	OCHRN f	.103	.232	.076	.442	.6610
3	OKATB f	-.187	.134	-.232	-1.389	.1737
4	OPATR f	.080	.127	.107	.628	.5345
5	OSTRE f	.340	.182	.305	1.867	.0705(Trend)
6	OULRK f	.307	.196	.259	1.564	.1272
7	OJOES	.016	.112	.024	.141	.8887
8	OKLAH	.381	.127	.457	2.999	.0050*
9	OOLIL	.263	.200	.220	1.313	.1979
10	ORALW	.072	.179	.069	.401	.6909



$$[r (df 359) = .849, p < .0001]$$

Abb. 48: Regressionsanalyse der Richtignennungen der rechten Hand (GL2RWRH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'rechte Hand') versus derer der linken Hand (GL2RWLH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'linke Hand').

Mit Ausnahme einer Person zeigen alle anderen neun Versuchspersonen (90%) dieser Gruppe einen positiven Koeffizienten, der aber nur bei zwei Personen signifikant wird.

Die Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand' verlaufen in dieser Gruppe eher gleichphasig, d.h. 'rechte' und 'linke Hand' zeigen zu gleichen Zeitabschnitten gute und schlechte Leistungen. Schon nach einer Verschiebung um weitere zwei Lags (30-60 Minuten) korrelieren weitere 50% positiv. Bei **90% der Personen liegt die zeitliche Distanz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum nicht weiter als eine Stunde auseinander**. Ferner erfährt nur eine Versuchsperson in der Kreuzkorrelationsvariable ein erstes positives Maximum später als 90 Minuten. Dieser Proband erfährt das erste positive Maximum seiner Kreuzkorrelationsvariable innerhalb des Frequenzbereiches des BRAC (90-120 Minuten).

Das Histogramm (Abb.47) zeigt alle 'Peak-to-Peak' Differenzen zwischen den positiven Maxima in den Kreuzkorrelations-Zeitreihen der Versuchspersonen. Hier fällt auf, daß eine große Anzahl der positiven Maxima-Differenzen in den Zeitbereich zwischen 0 und 60 Minuten fällt (61%) und die nächste Häufung von Maxima im Bereich zwischen 90 und 120 Minuten liegt (22%).

Bei 80% der Personen aus der Orientierungsgruppe ereignet sich der Interhemisphärische Leistungsumschwung im Frequenzbereich bis \leq 90 Minuten (Mittelwert). Im engeren Frequenzbereich des BRAC (90-120) liegen 30%. Nur eine Person erfährt längere Perioden in ihrer Kreuzkorrelationsvariable.

Der von der ('erweiterten'=80-120 Minuten) BRAC-Hypothese postulierte Interhemisphärische 'Shift' bestätigt sich damit mit einer mittleren Frequenz von 83.2 Minuten (Median: 80 min.)= 1.4 Stunden= 17.3 Z/T.

Frauen zeigen sich in ihren Leistungsumschwüngen im Mittel um zehn Minuten schneller als die Männer; im Median unterscheiden sie sich um 12.3 Minuten. Mit Ausnahme einer Probandin (Opatr) zeigen alle anderen Personen zyklische

Leistungswechsel. Die Zeitreihenverläufe 'rechte' und 'linke Hand' der genannten Versuchsperson, sind nicht voneinander zu unterscheiden. Eine Verschiebung gegeneinander erhöht ihre Parallelität nicht.

7.5.7. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen RH und LH

Tabelle 42: Versuchspersonen der Gruppe *Orientierung*, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der rechten Hand aufweisen

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.246	.077	2.095	3.177	.0035	OCHRN
.202	.105	1.344	1.917	.0651	OKLAH

Quadratischer Trend

-.007	.002	-2.005	-3.040	.0050	OCHRN
-.007	.003	-1.541	-2.199	.0360	OKLAH

Tabelle 43: Versuchspersonen der Gruppe *Orientierung*, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der linken Hand aufweisen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
-.355	.179	-1.367	-1.979	.0573	OJOES
.311	.136	1.598	2.296	.0291	OOLIL

Quadratischer Trend

-.008	.004	-1.395	-2.004	.0544	OOLIL
-.008	.004	-1.314	-1.842	.0757	ORALW
-.007	.003	-1.376	-1.942	.0619	OKATB

Tabelle 44 Anordnung der Personen dieser Gruppe nach: negativem Regressions-Koeffizienten, positivem Regressions-Koeffizienten und kein quadratischer Trend

'linke Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$	'rechte Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$
fem	OBETS			fem	OBETS		
fem		OCHRN		fem	OCHRN*		
fem	OKATB*(Trend)			fem		OKATB	
fem			OPATR	fem		OPATR	
fem	OSTRE			fem		OSTRE	
fem		OULRK		fem		OULRK	
male			OJOES	male			OJOE
male	OKLAH			male	OKLAH*		
male	OOLIL*(Trend)			male		OOLIL	
male	ORALW*(Trend)			male			ORALW

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der rechten Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Orientierung* zeigen drei Personen (30%) **einen negativen circadianen Verlauf**: $r \leq -.003$ (zwei Frauen, ein Mann), fünf Personen keine circadianen Schwankungen (vier Frauen und ein Mann) und zwei Personen (20%) **einen positiven circadianen Verlauf**: $r \geq .003$ (zwei Frauen, zwei Männer). **50% zeigen keine circadianen Schwankungen** in der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand.

Zwei Personen aus dieser Gruppe (20%) zeigen eine signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig signifikant negativem circadianem Trend.

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der linken Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Orientierung* zeigen sechs Personen, **60%, einen negativen circadianen Verlauf**: $r \leq -.003$ (drei Frauen, drei Männer), zwei Personen keine niederfrequenten Schwankungen im circadianen Zeitbereich (zwei Frauen) und zwei Personen (20%) **einen langsamen positiven Verlauf**: $r \geq .003$ (eine Frau, ein Mann). Damit bleiben **20% ohne solche niederfrequenten Rhythmen** in der taktilen Diskriminationsleistung der linken Hand.

Ein Mann aus dieser Gruppe erfährt eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'linke Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitiger positiver niederfrequenter Halbphase im circadianen Zeitbereich. Ein Mann aus dieser Gruppe (10%) erfährt eine signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'linke Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig negativ-niederfrequenter Halbphase im circadianen Zeitbereich.

7.5.8. Zusammenfassung und Diskussion

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können auch hier als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Es gilt allerdings die Einschränkung, daß diese Bezeichnung nicht mehr als eine naheliegende Interpretation ist, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin. In der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand bleibt die Mehrheit der Versuchspersonen ohne circadianen Verlauf, in der 'linken' Hand dagegen erfährt die Mehrheit eine negative circadiane Rhythmizität. Zwei Personen, welche von einem negativen circadianen Einfluß der rechten Hand zeugen, unterliegen diesem auch mit der 'linken Hand'. Eine weitere Person zeigt eine positive circadiane Schwingung in der rechten Hand sowie mit der linken Hand. Sowohl die 'rechte', als auch die 'linke Hand' unterliegen damit parallel einem circadianen Einfluß. Bei einer der Personen verhalten sich die circadianen Leistungskurven gegenläufig: in der 'linken Hand' zeigt sich eine umgekehrte U-Funktion mit Mittagshochleistung, in der 'rechten Hand' ein Mittagstief.

Im Gegensatz zur Gruppe *Labor*, welche den Tag über ohne kognitive Anforderung blieb und bei der ein hoher Prozentsatz der Versuchspersonen keine circadianen Schwankungen aufweist, und der Gruppen *Dichotisches Hören* und *Walking*, bei welchen hauptsächlich die 'rechte Hand' von einer negativen Tageszyklizität betroffen ist, unterliegt hier mehrheitlich die 'linke Hand' einer negativen Tageszyklizität. Die prozentuale Anzahl an Personen mit einem linksseitigen 'Mittagshoch' der Leistung erhöht sich hier gegenüber den erwähnten drei Gruppen deutlich. *Labor*gruppe, *dichotische Hörgruppe* wie auch *Walking* Gruppe sind linksseitig nicht von circadianen Verläufen betroffen. 60% der Versuchspersonen der *Orientierungsgruppe* bleibt hier dagegen rechtsseitig ohne niederfrequente Schwingung. Die Verteilungen kehren sich hier im Vergleich zur 'Dichotischen Hörgruppe' mit linkshemisphärischer Aufgabe geradezu um. Es mag sein, daß sich dieser Trend durch die linkshemisphärische Belastung deutlicher in der rechten distalen Körperpartie (rechte Hand) ausdrückt, während hier die rechtshemisphärische Aufgabe (linke Hand) den Tagestrend in der anderen 'Hand' sichtbar macht. Für drei Probanden tritt eine lateralisierte Leistungsverbesserung im Laufe des Tages ein. Nicht jedoch für die jeweils andere Hand. Eine weitere Person erfährt lateralisiert sogar einen signifikanten Leistungsabfall über die Zeit. Neben ultradianen und circadianen Fluktuationen, welche physiologisch bedingt sind, findet sich kein Anzeichen dafür, daß die anderen Probanden die Braille-Zeichen im Laufe des Tages wiedererkennen lernen. Offenbar ist eine Kodierung der sinnfreien Punktmuster nicht möglich. Vielmehr wird auch nach mehrstündiger Darbietung das taktile Diskriminationsergebnis 'naiv' wiedergegeben.

7.5.9. Räumliche und Verbale Erinnerungsleistung

Die Erinnerung an die Wegstrecke ist nicht kontinuierlich, sondern phasenhaft. In der folgenden Abbildung sind die Phasen der Erinnerung aller neun Versuchspersonen auf der linearen Strecke abgetragen. **Eine Person der Gruppe *Orientierung* (Subject Ojoes) fehlt in der Darstellung, da sich für sie in dieser Aufgabe ein Deckeneffekt ergab; d.h. die Aufgabe war zu leicht für diese Person, so daß sie ohne Schwierigkeiten die gesamte Strecke erinnern konnte. Bei allen anderen Personen wird deutlich, daß die kognitive Leistung der Konsolidierung räumlicher Information in Schüben vor sich geht.** Nachfolgende Abbildung zeigt die Phasen räumlicher Erinnerung als Funktion der Zeit:

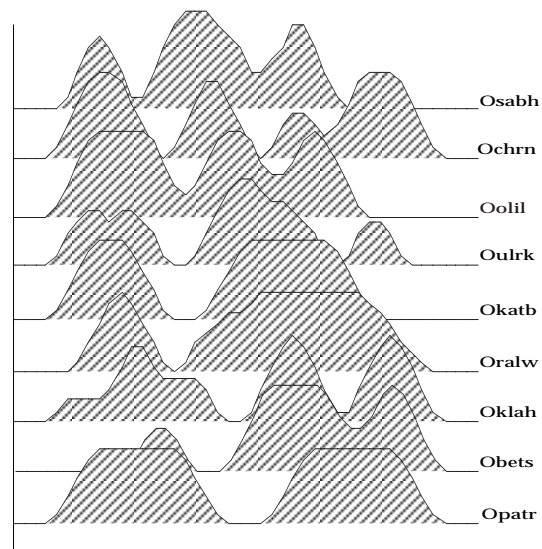


Abb. 49: Die räumlichen Erinnerungsschübe der einzelnen Versuchspersonen entlang der Wegstrecke sind, auf den Erhebungsbeginn synchronisiert, in Form eines Wellenfeldes (Filter1) dargestellt.

7.5.9.1. Periodenintervalle der räumlichen Erinnerung

Tabelle 45: 'Peak-to-Peak' Frequenzen der autokorrelierten Variable 'räumliche Erinnerung' der Gruppe *Orientierung*. Autokorrelationen der gefilterten Daten (Filter 1) nach Trendbereinigung

		Vpn	Frequenzen (min.); Variable = räumliche Erinnerungsleistung
1	fem	OBETS	165
2	fem	OCHRN	135
3	fem	OKATB	240
4	fem	OPATR	240
5	fem	OSTRE	150
6	fem	OULRK	210
Median			187.5 min. (45 MAD)= 3.13 Std = 7.7 Z/T (190 M, 46.2 SD)
7	male	OJOES	150
8	male	OKLAH	150
9	male	OOLIL	160
10	male	ORALW	150
Median			150 min. (0 MAD)= 2.5 Std = 9.6 Z/T (152.5 M, 5.0 SD)
Gesamt Median			155 min. (7.5 MAD)= 2.6 Std. = 9.3 Z/T (175 Mittelwert, 39.6 SD)

Nachfolgende Abbildung 50 zeigt die Phasen der Erinnerung an verbale Inhalte, welche bei vier Versuchspersonen als Funktion der Zeit abgefragt wurden:

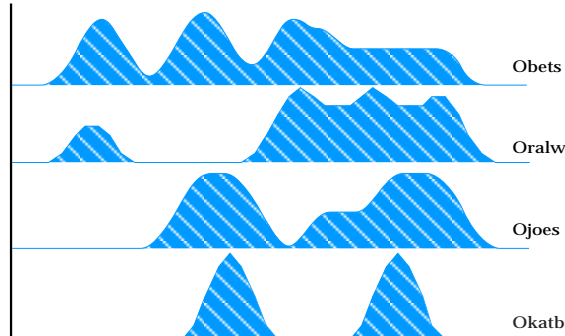


Abb. 50 Die Schübe der Erinnerung an verbale Inhalte der einzelnen Versuchspersonen entlang der Wegstrecke sind, auf den Erhebungsbeginn synchronisiert, in Form eines Wellenfeldes (Filter1) dargestellt

7.5.9.2. Interhemisphärischer 'Shift' als räumliches Spurbild

Die ultradianen Oszillationen unterteilen das Kontinuum der Tageszeit in periodisch alternierende Halbphasen. Wenn sich der Träger eines solchen endogenen Zyklus im Gelände bewegt, durchläuft jeder seiner lateralisierten Leistungszyklen diese alternierenden Phasen in entsprechenden Abschnitten der gewählten Route. Die Periodizität der Zeit überträgt sich dann in ein korrespondierendes Muster im Raum. So können die Halbphasen einer Seitenüberlegenheit in der taktilen Diskrimination sequenziell entlang der zurückgelegten Tagesroute abgebildet werden.

Die folgende Abbildung zeichnet modellhaft ein räumliches Spurbild des Lateralisierungswechsels nach:

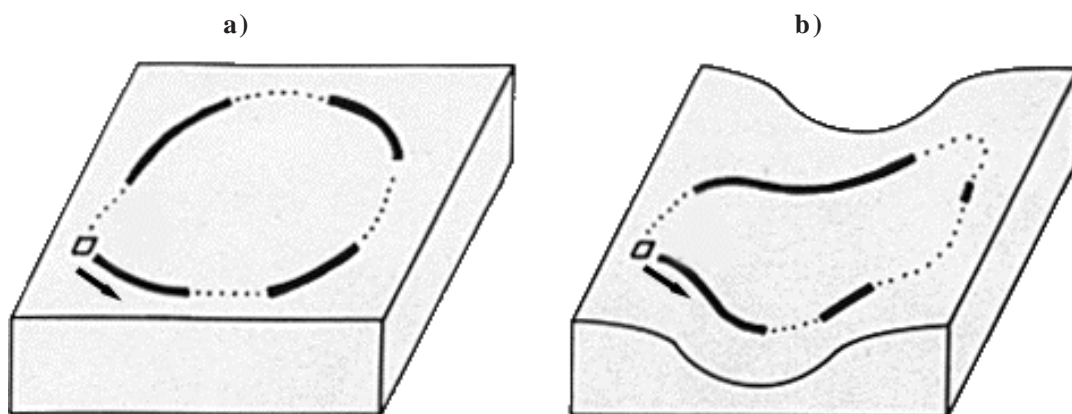
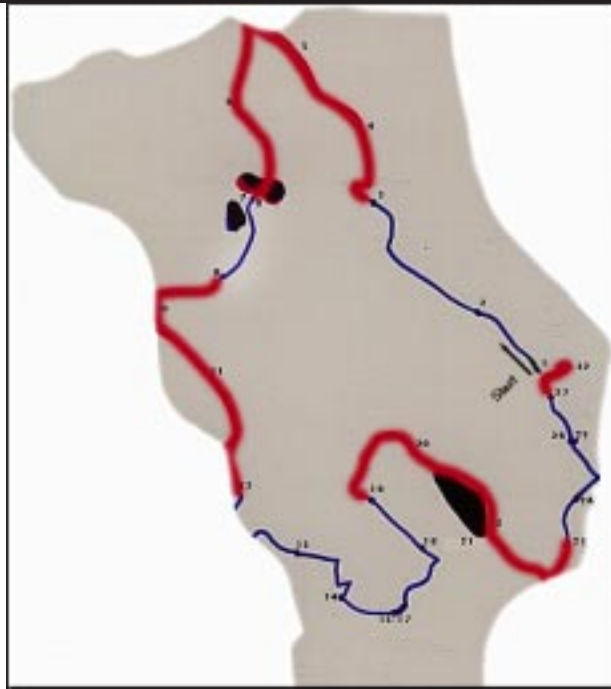
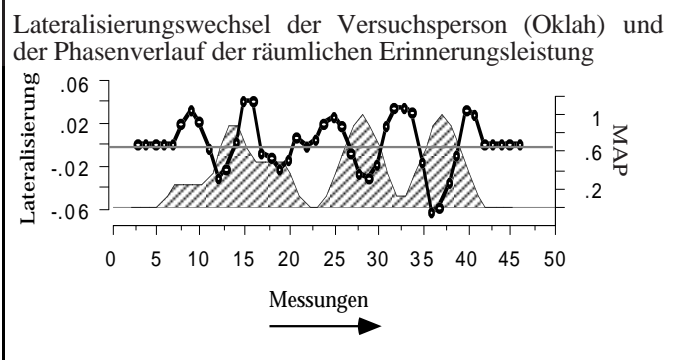
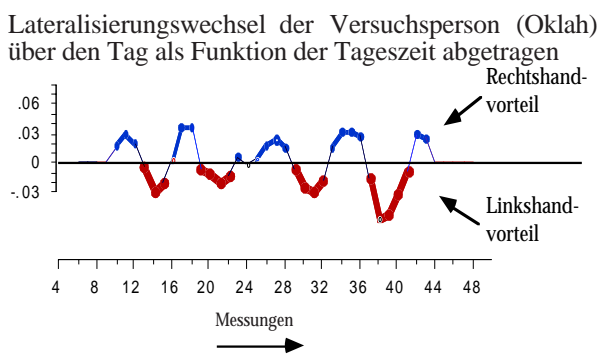


Abb. 51 In der Abbildung wurden die ultradianen Schwankungen der Halbphasen des rechtshemisphärischen Vorteils modellhaft auf eine gelaufene Geländestrecke übertragen. Theoretisch würden sich äquidistante Halbphasen im Raum ergeben (a). Da das Lokomotionsverhalten realiter aber schwankt, bilden sich daher eine beschleunigte Lokomotion als ausgedehnte Halbphase ab, während eine verlangsamte Fortbewegung die Phase räumlich komprimiert. In einer Ruhephase schließlich bildet sie sich nur noch als Punkt ab (b).

Nach dem oben gezeigten Modell wurden die Lateralisierungswechsel einer Versuchsperson nachfolgend beispielhaft auf deren zurückgelegten Wanderweg übertragen abgebildet (Abb. 52):



Landkarte mit eingetragenen ultradianen Raumzeit Spuren: Zurückgelegte Tagesstrecke der Versuchsperson (Oklah) im Freilandgebiet (graue Fläche) mit negativer (fette Linie= Linkshandvorteil) und positiver (dünne Linie= Rechtshandvorteil) Lateralisierung. Schwarze Flecken kennzeichnen Seen. Fett gezeichnete Streckenabschnitte (Linkshandvorteil) konnten später gut erinnert werden.



7.5.9.3. Phasenzusammenhänge zwischen den Lateralisierungsverläufen und den Erinnerungsleistungen

Tabellen 46 a) + b)

a) Phasenzusammenhang zwischen dem Lateralisierungsverlauf und der räumlichen Erinnerung

Subject	Korrelation	p
OBETS	.052	.766
OCHRN	-.408	.0128
OKATB	-.735	<.0001
OPATR	-.599	<.0001
OSTRE	-.748	<.0001
OULRK	-.703	<.0001
OJOES	-.012	.943
OKLAH	-.447	.0057
OOLIL	-.754	<.0001
ORALW	-.021	.904

Neun von zehn Personen dieser Gruppe zeigen einen negativen Phasenzusammenhang zwischen dem Verlauf der räumlichen Erinnerung und dem des Lateralisierungsindex. Eine Person (Ojoes) mußte aus der weiteren Analyse genommen werden, da die Orientierungsaufgabe zu leicht für sie war (Deckeneffekt) und sie daher ohne Mühe den gesamten Weg, den sie in acht Stunden zurücklegte komplett erinnern konnte. Das bedeutet, daß bei 90% der Versuchspersonen das Erinnerungsvermögen proportional bzw. in Phase zum relativen Leistungsvorteil der rechten Hemisphäre steigt und sinkt. Für sieben Personen (von 9) wird dieser Zusammenhang statistisch signifikant (78%).

b) Phasenzusammenhang zwischen dem Lateralisierungsverlauf und der verbalen Erinnerung

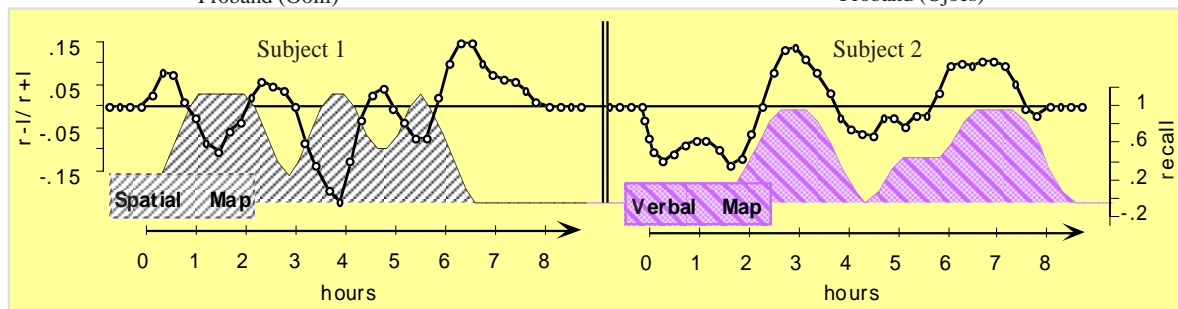
Subject	Korrelation	p
OBETS	.469	.0040
OKATB	.431	.0081
OJOES	.964	<.0001
ORALW	.577	.0002

Bei allen vier Personen, die dieser Aufgabe unterzogen wurden, d.h., welche zusätzlich zur Geländeskizze am Ende des Versuchstages Erinnerungen an verbale Inhalte in diese Skizze eintrugen, zeigen einen signifikant positiven Phasenzusammenhang zwischen dem Verlauf der verbalen Erinnerung und dem des Lateralisierungsindex. Das bedeutet, daß bei allen untersuchten Versuchspersonen das Erinnerungsvermögen an verbale Inhalte proportional bzw. in Phase zum relativen Leistungsvorteil der rechten Hemisphäre steigt und sinkt.

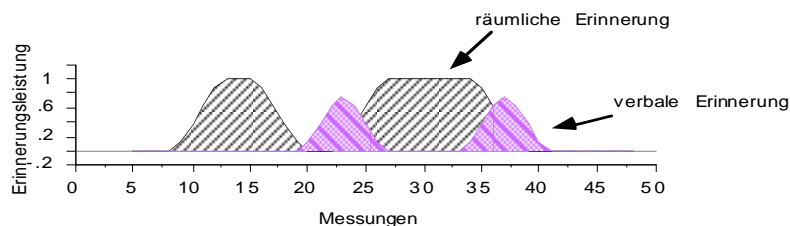
Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft an der Versuchsperson 'Ooilil' (links) und der Versuchsperson Ojoes (rechts) den Phasenzusammenhang zwischen Hemisphärenvorteil und räumlicher Erinnerung (linke Seite) und Hemisphärenvorteil und verbaler Erinnerung (rechte Seite):

Abb. 53

Interhemisphärischer 'Shift' und räumliche Erinnerung **Interhemisphärischer 'Shift' und verbale Erinnerung**
 Proband (Ooilil) Proband (Ojoes)



In Phasen, in denen die Lateralisierung positiv ist, also eine Überlegenheit der 'rechten Hand' (linke Hemisphäre) gegenüber der 'linken Hand' gegeben war, konnte später die Wegstrecke schlecht erinnert werden; d.h. die räumliche Leistungsfähigkeit sinkt ab. Dagegen können Wegstrecken, während derer die 'linke Hand' (rechte Hemisphäre) der Leistung der rechten Hand überlegen war, später gut erinnert werden. Die Abbildung zeigt beispielhaft an der Probandin 'Obets' den Phasenzusammenhang zwischen Hemisphärenvorteil und verbaler Erinnerung:



Die Abbildung (Abb. 54) zeigt am Beispiel einer Person (Okatb), daß sich die Phasenverläufe für verbale und räumliche Inhalte antizyklisch verhalten [$r = -.341$; $p = .0416$].

Für zwei andere Personen (Obets, Ojoes) der vier Teilnehmer an dieser Aufgabe werden diese Phasenzusammenhänge nicht signifikant; bei der vierten Versuchspersonen überlappen die Phasen räumlicher und verbaler Erinnerung weitgehend [$r = .530$; $p = .0007$]

Vergleicht man nun den Verlauf die Phasenverläufe der Hände-Lateralisierung und mit dem Phasenverlauf des abwechselnden Leistungsvorteils für verbale versus räumliche Erinnerungen, so ergibt sich statistisch eine hohe Übereinstimmung: **die Phasen verbaler Dominanz** (Verbmap - Map/Verbmap + Map) **korrelieren positiv mit den Phasen des Rechtshandvorteils**. Entsprechend gilt umgekehrt: **die Phasen räumlicher Dominanz korrelieren positiv mit den Phasen des Linkshandvorteils**: [Ojoes: $r = .686$, $p < .0001$; Okatb: $r = .712$, $p < .0001$; Oralw: $r = .335$; $p = .0484$; Obets: $r = .128$, $p = .0604$].

7.5.10. Lokomotion und Orientierungsleistung

Nachfolgende Tabelle zeigt, daß zwischen der Orientierungsleistung (Erinnerung an die zurückgelegte Strecke) und der Lokomotion ein signifikanter Zusammenhang besteht. Die Orientierungsleistung jeder einzelnen Versuchsperson sowie über die ganze Gruppe betrachtet korreliert signifikant positiv mit den Lokomotionsphasen. Streckenabschnitte, während derer gelaufen wurde, wurden somit besser erinnert, als Pausenphasen.

Tabelle 47: Regressionsanalyse: Orientierungsleistung versus Lokomotion

	SUBJECT	Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p
1	fem OBETS	.273	.146	.277	1.869	.0686(Trend)
2	fem OCHRN	.608	.139	.558	4.359	<.0001
3	fem OKATB	.339	.121	.398	2.812	.0074
4	fem OPATR	.435	.115	.505	3.788	.0005
5	fem OSTRE	.427	.160	.381	2.671	.0107
6	fem OULRK	.559	.157	.481	3.554	.0010
7	male OJOES	.533	.106	.611	5.004	<.0001
8	male OKLAH	.523	.159	.453	3.296	.0020
9	male OOLIL	.505	.126	.527	4.021	.0002
10	male ORALW	.621	.098	.698	6.323	<.0001

Dieselbe Versuchsperson (Obets), welche im Vergleich zu allen anderen einen positiven (allerdings statistisch nicht signifikanten Zusammenhang) zwischen räumlicher Erinnerungsleistung und Lateralisierung aufweist, zeigt als einzige auch keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der räumlichen Erinnerungsleistung und der zurückgelegten Strecke.

7.5.11. Taktile Diskriminationsleistung und Orientierungsleistung

Kein eindeutiger Zusammenhang ergibt sich (über die Gruppe gesehen) für die taktile Leistung der linken Hand einzel mit der Orientierungsleistung. Obwohl fünf Versuchspersonen einen signifikant positiven Zusammenhang aufweisen [Okatb: $r = .282$, $p = .115$; Opatr: $r = .159$, $p = .0105$; Oralw: $r = .256$, $p = .0017$; Ostre: $r = .383$, $p < .0001$; Oulrk: $r = .145$, $p = .0205$), zeigt die andere Hälfte der Gruppe dies nicht (Obets: $r = -.820$; Ochrm: $r = .184$; Ojoes: $r = .038$; Oklah: $r = .034$; Oolil: $r = .128$).

Kein eindeutiger Zusammenhang ergibt sich ferner (über die Gruppe betrachtet) für die taktile Leistung der rechten Hand und der Orientierungsleistung. Obwohl sechs Versuchspersonen einen signifikanten Zusammenhang (zwei positiv, vier negativ) aufweisen (Ojoes: $r = .205$, $p = .0009$; Okatb: $r = -.624$, $p < .0001$; Oklah: $r = -.214$, $p = .0151$; Oolil: $r = -.233$, $p = .0002$; Oralw: $r = .263$, $p < .0001$; Oulrk: $r = -.136$, $p = .0095$) zeigen die restlichen vier dies nicht [Obets: $r = -.111$; Ochrm: $r = -.165$; Opatr: $r = -.134$; Ostre: $r = -.081$].

Allerdings ergibt sich hier, anders als für den Zusammenhang zwischen 'linker Hand' und Orientierungsleistung, für **80% der Personen ein negativer Koeffizient für den Leistungs-Zusammenhang zwischen rechter Hand und räumlicher Orientierungsleistung** (für 50% signifikant negativ). Über die ganze Gruppe betrachtet ergibt sich damit ein negativer Trend für diesen Zusammenhang [$r = -.013$, $p = .0644$, Std.Err = .007, Std.r = $-.088$, t-Value = -1.854].

7.6. Cerebrale Ultradianzyklen und mentale Landkarten - Zusammenfassung und Diskussion

Wenn wir ein weitläufiges, noch unbekanntes Gebiet erkunden, sammeln wir fortlaufend räumliche Teilinformationen die sich in unserem Gedächtnis zu einer mentalen Repräsentation dieses Raumes verdichten. Während der über viele Stunden andauernden Exploration eines Geländes werden sukzessiv räumliche Teilelemente zueinandergeordnet und deren relative Lage zu einer 'inneren Landkarte' der gesehenen räumlichen Strukturen aufgebaut. Später kann das erkundete Gelände dann lückenhaft erinnert werden. Unsere Versuchspersonen waren am Ende des Versuchstages gebeten worden, die ihnen erinnerbare Route in allen Details so gut als möglich wiederzulegen.

Unter der Voraussetzung, daß motorische Aktivität tageszeitlichen, ultradianen Periodizitäten unterliegt und damit das Gelände nicht fortwährend, sondern in Aktivitätsschüben exploriert wird, folgt zwingend, daß auch die Art der kognitiven 'Überblicks'-Landkarte, welche das Individuum erstellen soll, in hoher Abhängigkeit von den Pause-Lokomotions Phasen gebildet wird. Wie die Regressionsanalyse Orientierungsleistung versus Lokomotion zeigt, hängen räumliche Erinnerungsleistung und Lokomotion eng zusammen. Während in Lokomotionsphasen sukzessiv neues

Wissen über den Raum erworben wird, reduziert sich die Auseinandersetzung mit externen neuen Stimuli drastisch in Pause-Phasen oder aber Pause-Phasen eröffnen die Möglichkeit, bestimmte Orte ausführlicher zu erfassen. Die bisherige Annahme innerhalb des BRAC-Konzeptes lautet, der Organismus würde in 'Rest'-Phasen die externale Reizverarbeitung weitgehend einstellen. Läßt man die Versuchsperson den Pausenort frei wählen, so wurden nach Möglichkeit Orte ausgewählt, die einen weiteren Blick in das Gelände erlauben: Lichtungen und Hügel. Auf Nachfrage gaben einige Versuchspersonen tatsächlich zu verstehen, sie nützten die Ruhephase, um das bisher begangene Gelände in Relation zum Pausenort zu bringen bzw. den Pausenort in ihren mentale Geländeskizze zu integrieren. Es muß bezweifelt werden, ob der Informationsfluß ('route'-Information) in Ruhephasen ('Rest') tatsächlich weitgehend unterbrochen wird. Stattdessen könnte in 'Rest'-Zeiten stattdessen vielmehr eine andere Form der Informationsverarbeitung ('survey'-Information) stattfinden²³. Topographische Charakteristika, die in lokomotorischen Phasen aufgrund zeitlicher Kontiguität gruppiert wurden, könnten von Ruheorten aus in ein mentales Repräsentationsbild integriert werden. Tatsächlich aber zeigen unsere Daten, daß vom Pausenort selbst kaum Merkmale erinnert wurden, obgleich sich die Personen an diesen Orten am längsten aufhielten (zw. 15-45 min.).

Den Zusammenhang von mentalem Repräsentations-Aufbau und Lokomotion schildert Bussmann (1995) für ihre Probanden wie folgt: Im günstigsten Fall konnten während der Exploration alle markanten Punkte auf dem Weg zu einem definierten Ziel in eine Aktivphase integriert werden. Zumindes würde eine Person danach streben, zwischen diesen Punkten zeitliche Kontiguität herzustellen und sie nicht durch Pausen voneinander zu separieren. In diesem Fall ließen sie sich schneller miteinander assoziieren, und der Lernvorgang würde entsprechend leichter fallen.

Bussmann (1995) fand für lokomotorisch aktive Probanden (Laufband) im computersimulierten Labyrinth (Abhängige Variable: 'Gedächtniswerte', d.h. Rückfindungszeiten zum Ausgangspunkt) verglichen mit sitzenden Versuchspersonen im Mittel bessere Leistungen, die sich jedoch statistisch nicht signifikant zeigten. Lokomotorisch aktive Probanden fanden innerhalb der acht Stunden Meßzeit nicht nur eine größere Anzahl von Zielen im Labyrinth, sondern benötigten auch weniger Zeit, um zur Startposition zurückzukehren, d.h. die Orientierungsleistung zeigte sich verbessert. Die rhythmischen Muster des Aktivitätsverhaltens der 30 Probanden bei Bussmann mit 7 bis 15 Zyklen pro Tag (= ca. 1.5 bis 3,5 Std.) stimmen mit unseren Ergebnissen des Explorationsverhaltens aus der *Orientierungsgruppe* von 2.38 Std (Median; 143 Minuten= 10 Z/T) überein.

Sowohl Versuchspersonen der 'aktiven' Lokomotionsgruppe, als auch die Teilnehmer der 'ruhenden' Kontrollgruppe generierten bei Bussmann periodische Zeitreihenverläufe (Autokorrelationen und Spektralanalysen). Allerdings wurden die Ergebnisse der Spektralanalysen sowie der Autokorrelationen selbst keinerlei statistischer Signifikantstest unterzogen und dürfen aus diesem Grunde nur vorsichtig interpretiert werden. Ferner ist zu berücksichtigen, daß die Probanden während des Experimentes immer wieder aufgefordert wurden, regelmäßige Erholungspausen einzulegen um Erschöpfung/Frustration vorzubeugen. Zu berücksichtigen bleibt auch, daß es sich nicht um ein 'natürliches' Freiland-Setting handelte. Bussmann spricht von einem „störenden Einflußfaktor“ des Laufbandes. Deutlich wird auch in der Bussmann-Studie, daß alle Probanden die Bereitschaft zur Exploration zeigten und ausnahmslos periodische Wechsel ihrer aktiven und ruhigen Phasen aufwiesen. In einer Clusterdarstellung zeigt sich allerdings, daß die Hauptfrequenzgipfel dieser Probanden mit der Bedingung Lokomotion in einem komplexen Labyrinth (hoher Schwierigkeitsgrad: Aufbau einer kognitiven Landkarte durch Rekonstruktion des bewanderten Weges ist unmöglich) im höheren Frequenzbereich von 12 bis 15 Zyklen pro Tag liegen. Bussmann folgert daraus, daß ultradiane Explorationsrhythmen, sofern sie nicht maßgeblich durch externe Anforderungen modelliert werden, sich 'reduzierend', d.h. frequenzverkürzend, auf die Periodizität der kognitiven Leistung auswirken. Die Häufigkeitsverteilung der Hauptfrequenzgipfel der 30 Versuchspersonen von Bussmann zeigt, daß die meisten Frequenzgipfel der acht Versuchspersonen bei 13 Z/T (=1.85 Std) liegen. Bei sechs Versuchspersonen lag die stärkste Frequenz bei 12 Z/T (= 2 Std.), bei weiteren sechs Personen bei 9 Z/T (= 2.6 Std.).

Vergleicht man unsere Gruppen hinsichtlich ihrer Zykluslängen in verschiedenen Bedingungen untereinander, so läßt sich der Bussmannsche Befund nicht bestätigen:

²³ Die Überlegung wäre im Sinne Tolman's (1948), daß die explorierende Vpn zunächst topologische 'Route'-Informationen sammelt, um dann nach und nach über metrische Relationen der Orte eine 'survey'-Repräsentation des Geländes aufzubauen, welche unsere Versuchspersonen am Ende des Orientierungstages in einer Überblicks-Geländeskizze unter Beweis stellen sollten.

Labor- und Walkinggruppe unterscheiden sich in ihrer rechts- (beide 120 Minuten) und links- händigen (135 und 128 Minuten) Frequenz im Median nicht. Linkshändig erfährt auch die Orientierungsgruppe nahezu dieselbe Frequenz (135 Min) wie die Laborgruppe. Erst der Vergleich der rechten Hände erbringt einen statistisch signifikanten Unterschied, und zwar nur zwischen den Personen der Orientierungs- und Laborgruppe [$p=.0580$; $Z -1.896$; Wilcoxon]. Die linkshemisphärischen Leistungszyklen/rechte Hand (taktile Test) verlangsamen sich unter Explorationsbedingungen (räumliche Aufgabe) im Median um mehr als 20 Minuten: 158 Min./Median. Umgekehrt verlangsamen sich die Leistungszyklen der linken Hände/rechte Hemisphäre unter der dichotischen Hörbedingung (verbale Aufgabe) im Median um 45 Minuten: 180 Min.

Diese Ergebnisse machen deutlich, daß die Lokomotion selbst keinen Einfluß auf die ultradianen Frequenzen hat. Erst unter kognitiver Belastung der rechten Hemisphäre durch räumliches Explorationsverhalten ändern sich die Zykluslängen der contralateralen Hemisphäre signifikant. Die linkshemisphärischen Oszillationen verlangsamen sich unter rechtshemisphärischer Anforderung und vice versa.

Die Versuchspersonen konnten am Ende des Tages die Wegstrecke nicht kontinuierlich abtragen, sondern nur in bestimmten Phasen, wie in der Abbildung 'Phasen räumlicher Erinnerung' deutlich zu sehen ist. Das räumliche Erinnerungsvermögen verschlechterte und verbesserte sich im Laufe des Tages mehrmals in zyklischer Weise. Aus den gefundenen 'Peak-to-Peak' Frequenzen der Autokorrelation dieser Zeitreihen geht hervor, daß es sich um ein zyklisches Geschehen im ultradianen Zeitbereich handelt. Weibliche Probanden weisen eine Periodenlänge 135 und 240 Minuten auf (Median 188 Minuten= 3 Stunden= 8 Z/T), während männliche Probanden sehr homogen im Median zyklisch alle 150 Minuten (= 2.5 Stunden= 10 Z/T) ein Maximum ihrer räumlichen Erinnerungsleistung zeigen.

Ferner wurde deutlich, daß die **räumlichen Erinnerungsphasen** mit der oszillierenden Lateralisierung zwischen rechter und linker Seite (linker und rechter Hemisphäre) in Zusammenhang stehen. In Phasen, in denen die **Lateralisierung positiv ist, also eine Überlegenheit der rechten Hand (linke Hemisphäre)** gegenüber der linken Hand in der taktilen Leistung gegeben war, konnte später die Wegstrecke **schlecht erinnert** werden, d.h. die räumliche Leistungsfähigkeit sinkt ab. Dagegen konnten **Wegstrecken, während derer die 'linke Hand' (rechte Hemisphäre) der Leistung der rechten Hand überlegen war, später gut erinnert werden.** Umgekehrt konnte in Phasen, in denen die Lateralisierung negativ ist, also eine Überlegenheit der linken Hand (rechte Hemisphäre) gegenüber der rechten Hand gegeben war, später die **verbalen Tagesinhalte** schlecht erinnert werden. Dagegen konnten solche verbalen Inhalte im Nachhinein **gut erinnert werden, welche in positive Lateralisierungsphasen fielen, d.h., wenn die Leistung der rechten Hand (linke Hemisphäre) jener der linken Hand überlegen war.**

Diese Ergebnisse entsprechen sehr gut der Arbeitshypothese, daß ein alternierend auf die Hemisphären Einfluß nehmender endogener Ultradianzyklus die kognitive Leistung entsprechend steuert. Wie in der Abbildung 53 zu sehen war, bilden sich zyklisch wiederkehrende Linkshandvorteile im Laufe des Tages in Phase mit positiven Maxima der räumlichen Erinnerungsleistung ab. Die Ansicht Kleitmans (1963), daß alle Funktionen, welche corticaler Erregung unterliegen, geeignet sind, die postulierte endogene, ultradiane Rhythmizität aufzuzeigen und die späteren Befunde von Klein und Armitage (1979) und Kittler et al. (1989), die einen periodischen Dominanzwechsel zwischen den 'kognitiven Stilen', also verbalen und räumlichen Leistungen erbrachten, welche Leon-Carrion 1989 replizieren konnte, passen sehr gut zu unseren Ergebnissen. Die genannten Autoren sprechen allerdings von einem alternierenden Hemisphärenvorteil im 1 1/2 stündigen Rhythmus. Der Seitenvorteil im taktilen Wahrnehmungstest alterniert bei unseren Versuchspersonen dagegen mit einer Frequenz von 80 Minuten (Median), während die räumliche Erinnerungsleistung ihre Maxima ca. alle 160 Minuten erfährt. Damit zeigt die hemisphärenspezifische Leistung eine Frequenzverdoppelung im Vergleich zur der lateralisierten kognitiven Leistung. Dennoch kommen mit signifikanter Regelmäßigkeit Hochphasen des Linkshandvorteils (rechte Hemisphäre) auf Hochphasen der räumlichen Erinnerung zu liegen.

Man könnte also zusammenfassen: Nicht jede Phase rechtshemisphärischen Wahrnehmungsvorteils wird von einer räumlichen Erinnerung begleitet. Taucht jedoch eine räumliche Erinnerung auf, so fällt sie mit großer Wahrscheinlichkeit in eine Phase rechtshemisphärischen Wahrnehmungsvorteils.

Kritisch betrachtet werden müssen die Hinweise auf verbale Gedächtnisinhalte in dieser Studie. Anders als der Raum, stand verbale Information nicht standardisiert und nicht dauerhaft zur Verfügung. Als verbale 'Information', welche später erinnert werden sollte, dienten hier die Gesprächsinhalte zwischen der Versuchsperson und der Versuchsleiterin. Wann immer die Versuchsperson ein Gesprächsangebot machte, ging die Versuchsleiterin darauf ein, ohne jedoch, mit Ausnahme der notwendigen Instruktionen, selbst ausdrücklich Kommunikation zu initiieren. Das Begehungsgelände selbst bot keine semantischen Reize. Die Entscheidung, unstandardisierte Kommunikation zur 'verbalen Aufgabe' zu machen, beinhaltete verschiedene Überlegungen. Zunächst sollte die Versuchsperson nicht zusätzlich zur räumlichen Orientierungsaufgabe, dem Befindlichkeitsfragebogen, der körperlichen Anforderung (Lokomotion) auch noch mit einer verbalen Darbietung über Kopfhörer belastet werden, zumal auch auf natürliche Freilandbedingungen geachtet werden wollte. Will man von semantischem Mapping reden, so soll der Proband die Möglichkeit haben, den 'Raum' subjektiv zu besetzen. Ferner war aus der Studie III deutlich geworden, daß bei einer paarweisen Wanderung durch das Gelände früher oder später am Tag intensive Kommunikationsangebote von der Versuchsperson gemacht werden, welche nicht ausgeschlagen werden konnten; zumindest nicht ohne die Probanden zu frustrieren. Diese Erfahrungen führten schließlich dazu, die Orte der ohnehin und mit jeder Person stattfindenden Gespräche am Ende des Tages vom Versuchsteilnehmer dokumentieren zu lassen, bzw. deren Erinnerung daran. Selbstredend konnten bei dieser Vorgehensweise einige wesentliche Parameter nicht kontrolliert werden, so z.B. der Kontakt zwischen der Versuchsperson und der Versuchsleiterin, welcher sicherlich einen bedeutsamen Einfluß auf Inhalt und Länge der einzelnen Gesprächsphasen hatte. Ferner hatte die Art der Mitteilungen der Versuchsperson, welche stark variierte von Plaudereien bis hin zu sehr persönlichen Erzählungen, einen möglichen Einfluß. Dennoch können die bisherigen Ergebnisse zumindest einen Hinweis auf ultradiane Raum-Zeit-Strukturen und deren mögliche Bedeutung für die Anlage mentaler, räumlicher und semantischer 'Landkarten' geben. Zur Erhärtung der Befunde wäre es künftig wünschenswert neben der Ergänzung der perzeptiven und kognitiven Tests durch die Bestimmung elektrophysiologischer Parameter auf eine Kontrolle der genannten Einflüsse zu achten.

Es sind noch keine Nachweise erbracht, daß die Strukturen, die den REM-Schlaf Zyklus regulieren, auch an der Generierung von ultradianen Verhaltenszyklen während des Wachzustandes beteiligt sind. Auch unsere Ergebnisse liefern keine Aussage über Vorgänge auf endokrinem und neuronalem Niveau. Dies kann nur erschlossen werden über EEG Untersuchungen, welche zeigen konnten, daß die ultradiane elektrische Aktivierung der beiden Hemisphären sowohl im Schlaf, als auch im wachen Menschen lateralisierte Rhythmen hervorruft (Werntz, Blickford, Bloom und Shannahoff-Khalsa, 1983). Dennoch lassen tierexperimentelle Untersuchungen sowie unsere Verhaltensdaten einen interpretativen Rückschluß über den Einfluß ultradianer Rhythmen auf den Zusammenhang von verbalem und räumlichem Gedächtnis und Lokomotion zu. Wie bereits erwähnt, ändert sich die neuronale Transmission durch die Erregungsschleife des Hippocampus im Abhängigkeit von Funktionszuständen des gesamten Gehirns (Winson, 1986²⁴). Während sich die Position einer Person entlang der Route durch ein weitläufiges Gelände verschiebt, unterliegen die Hippocampi alternierenden Phasen ultradianer Aktivierung. Während eine der Halbphasen die neuronale Transmission lateralisiert begünstigt und damit die synaptische Effizienz zwischen den Neuronen verstärkt, vermindert die andere Phase die synaptische Konnektivität. Am Ende des Tages läßt sich die räumliche Information entlang einer Tagesroute nicht kontinuierlich erinnern, da sie nicht gleichmäßig abgespeichert wurde. Vielmehr ist zu vermuten, daß sie auf neuronaler Ebene in einem Ensemble diskreter Zellverbände nach Art getrennter Teilkarten des durchlaufenen Gebietes 'abgelegt' wurde. Erst die wiederholte Einspeisung einer Umgebung durch 'Rehearsal' oder tatsächliche Begehung des Raumes würde zu einer Gesamtkonsolidierung der Rauminformation führen.

²⁴ Winson, J. (1986) Behaviorally dependent neuronal gating in the hippocampus. In: R.L. Isaacson and K.H. Pribram (Eds) *Behaviorally dependent neuronal gating in the hippocampus*, New York:Plenum Press, Vol.4, 77-91

Diese funktionelle Asymmetrie, so wird vermutet, scheint ein adaptives Erbe aus dem frühen Hominidentum zu sein. Es sollte ein starker Selektionsdruck auf effiziente Nahrungserwerbsstrategien - e.g.: optimale Orientierung über räumliches und verbales kodieren, sowie die Fähigkeit, räumliche Gegebenheiten mitzuteilen ('communication-while spatial mapping'; Wallace, 1989) - geherrscht haben. Diese komplementären Fähigkeiten greifen funktionell ineinander, wenn der rechte Hippocampus dazu dient im weitläufigen Gelände die relative Lage einzelner Orte und Routen zu erinnern, während der linke Hippocampus Verben, Sätze und semantische Inhalte behält, die sich auf die geographischen Gegebenheiten beziehen.

8) Studie V: Ultradiane Rhythmen im Kulturvergleich

Zusammenfassung:

Der Mensch ist aufgrund verschiedener sozialer und kultureller Vorgaben an einen 'künstlichen' Tagesplan gebunden, der zusätzlich zur endogenen, biologischen Modulation ultradianen Einfluß nimmt auf sein Verhalten. Diese Interaktion muß bei jeder Studie zur Frage nach dem BRAC berücksichtigt werden (Serman, 1985, S.190). Ein sauberer Nachweis, daß ultradiane Rhythmen endogenen Ursprungs sind **verlangt den Ausschluß aller äußeren Zeitgeber und rhythmischer Signale, oder aber eine kulturvergleichende Untersuchung**. Bisher sind keine Freilanduntersuchungen zur ultradianen Rhythmizität im Kulturvergleich bekannt.

Da wir weder alle Einflußfaktoren auf ultradiane Rhythmizitäten kennen welche geeignet wären die ursprüngliche Zyklizität zu maskieren, noch in der Lage sind sie zu eliminieren, wurden zusätzlich Daten in Kulturen erhoben, deren einzige exogene Zeitgeber die soziale Gruppe und der saisonale Hell-Dunkel Wechsel sind. Wir entschieden uns aus diesem Grunde für traditionell lebende Kulturgruppen in Asien und in Afrika.

Es wurden zwei Kulturgruppen ausgesucht, die insofern vergleichbar sind, als ihre Nahrungserwerbsstrategien phylogenetisch auf das gleiche Alter (ca. 9 - 11 000 Jahre) geschätzt werden. Die adaptive Strategie der im äußersten Norden Thailands angesiedelten *Akha*-Kultur wird als niederer Bodenbau gekennzeichnet. Die, der ostafrikanischen *Massai*, wird als Hirtennomadismus bezeichnet. Dennoch führen diese unterschiedlichen Nahrungserwerbsstrategie zu divergenten Lebensweisen und unterschiedlichen kognitiven Herausforderungen. Sie bieten daher eine gute Möglichkeit biologische Rhythmen vor verschiedenen kulturellen Hintergründen zu beobachten und sie mit unseren deutschen Probanden zu vergleichen.

Der vorliegende Abschnitt beschäftigt sich mit der Frage, welcher Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungsleistung in verschiedenen Kulturen und kovariierenden Verhaltensvariablen unter dem Einfluß cerebraler, lateralisierter Ultradianzyklen besteht. Die Studie wurde im Feld durchgeführt.

Die Versuchspersonen der Studie *Massai* absolvierten während ihrer normalen Tagesarbeit, dem Weiden der Tierherden unter Lokomotion, den taktilen Diskriminationstest.

Die Versuchspersonen der Studie *Akha* absolvierten den taktilen Diskriminationstest während ihrer Arbeiten auf den Reisfeldern.

Bei einigen Personen wurden sowohl die Nahrungsaufnahmezyklen der Versuchsperson, als auch das Lokomotion-Pauseverhalten notiert. Die Versuchspersonen waren in der Studie V.2. wiederum bereit in viertelstündlichen Abständen anhand eines Befindlichkeitsfragebogens (SAM) Fluktuationen in ihrem emotionalen Befindenden zu dokumentieren.

8.1. Untersuchungen bei kenyanischen *Massai*

8.1.1. Ethnographische Angaben

Die *Massai* gehören, nach ihrer Nahrungserwerbsstrategie, zum nomadischen Hirtentum. Kennzeichnend sind nomadische Bewegungen der Klanggruppen bei Haltung großer Herden von domestizierten Tieren. Ihr Tagesablauf im Samburu Gebiet in Kenya ist geprägt von der Aufzucht, der Pflege und dem Weiden der Tiere. Im Gegensatz zu den seßhaften Bodenbauern zeigen die *Massai* hohe Mobilität. Als Nahrungsgrundlage dienen ihnen Milch, Milchprodukte, Blut und Fleisch der Tiere. Die untersuchte Gruppe lebt allerdings nur noch zum Teil vom Hirtentum.

Die jungen Männer, die an unserem Experiment teilnahmen, führten während des Meßtages eine gemischte Herde Ziegen, Schafe und Kühe durch unwegsames Gelände und Weideland. Die Hirten verließen Morgens mit den Tieren das Lager um sie entlang bestimmter Routen zu Weideland, Wasserstellen und Ruheplätzen zu führen. Gegen Nachmittag kehrten sie zum Dorf zurück. Die tägliche Route dient also, wie ihr Nomadismus, dem Zweck Futter für ihre Tiere zu finden.

Die soziale Einheit der Hirtennomaden ist die Hirtengruppe oder das Lager. Es handelt sich dabei um mehrere Haushalte, die gemeinsam lagern. Diese Gruppen sind jedoch im Vergleich zu den seßhaften Bodenbauern instabil bzw. flexibel. Ihre Tagesaktivitäten sind längst nicht so stark synchronisiert und hängen zu jedem Zeitpunkt stark vom Verhalten und den Ereignissen um die Tiere ab.

8.1.2. Hypothesen

Unter Annahme der ultradianen Aktivierung der cerebralen Hemisphären nach dem erweiterten BRAC-Modell, daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 80-120 Minuten mit dem periodischen, gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht und damit einen zyklisch alternierenden Wahrnehmungsvorteil der linken und rechten Körperseite hervorruft, lautet die Fragestellung für diese Experimentalgruppe: Kann die von der BRAC-Hypothese postulierte Variation der Leistung im ultradianen Zeitbereich für diese Kulturgruppe bestätigt werden?

Die Haupthypothese postuliert, daß sich im ultradianen Zeitbereich ein zyklisch alternierender Wahrnehmungsvorteil in der taktilen Diskriminationsleistung linker und rechter Hand einstellen wird, d.h. daß sich die Anzahl der Richtignennungen der rechten gegenüber der linken Hand präsentierten taktilen Stimuli phasenverschoben zeigen wird und, sich der Wechsel dieses Wahrnehmungsvorteils auch in Kulturen ohne 'künstliche' Zeitgeber im 80-120 Minuten-Zyklus vollzieht.

Für die Hypothesen bezüglich des Lokomotionsverhaltens, siehe Kapitel 10.

8.1.3. Versuchsplan und besondere Umstände der Datenerhebung

Die Datenerhebung in Kenya anhand des taktilen Diskriminationstests an der Gruppe *Massai* erfolgte durch A. M-K.²⁵ im Winter 1993/94, während die Versuchspersonen ihre Herden über mehrere Stunden auf festgelegten, offenbar mental repräsentierten, Pfaden führten. Händisch notiert wurden in 15 min. Einheiten die Pause-Lokomotionsphasen sowie der Lokomotionsweg mit seinen topographischen Gegebenheiten und die Wasserstellen/Flußläufe.

8.1.3.1. Instruktion

Die Versuchspersonen wurden in englischer Sprache instruiert, daß der Versuchsleiter sie den Tag über begleiten würde und ihnen mehrmals im Laufe des Tages Karten zum Abtasten reichen würde.

8.1.3.2. Versuchspersonen

Die Versuchspersonen waren acht junge *Massai*krieger, im Alter zwischen zwölf und 25 Jahren ($M = 16.8$, $SD = 4.03$), welche sich an mehreren Tagen den Messungen unterzogen, so daß insgesamt 19 Versuchstage protokolliert werden konnten. Alle Probanden waren männlich. Die Personen wurden nicht über den Untersuchungszweck unterrichtet, so daß sie wie die deutschen Probanden nicht über Informationen bezüglich der Experimente verfügten. Während der Versuchsdurchführung erhielten auch diese Teilnehmer keine Rückmeldung über ihre Antworten.

Als Entlohnung für die Teilnahme erhielten die Probanden Geldgeschenke.

8.1.3.3. Versuchsablauf

Da unser taktiler Diskriminationstest für den interkulturellen Vergleich so aufgebaut worden war, daß er sprach- und kulturübergreifend eingesetzt werden kann, keinerlei Vorwissen bedarf, beliebig oft anwendbar ist und unabhängig von Strom und technischen Apparaturen durchgeführt werden kann, vermochten wir unsere Studie ohne Modifikation auf Personen eines fremden Kulturkreises auszudehnen.

Der Versuchsleiter folgte je einem der Männer entlang der 7-9 stündigen Weideroute, um ihm in der beschriebenen Weise nach je 15 Minuten einen rechts- und linkshändigen Diskriminationstest abzuverlangen, den die *Massai* nacheinander mit beiden Händen in einem selbstgewählten Zeitraum absolvierten, der sich je nach Bedarf auf ca. vier und sieben Minuten erstreckte, um beide Karten abzutasten. Außerdem trug der Beobachter ein Pedometer, mit dessen Hilfe sich die

²⁵ Bemerkung

In dankenswerter Weise hat Herr Dr.Dr.habil. Alfred Meier-Koll mit meinem Instrumentarium (Testkarten Versuchsablauf, Protokoll) im Sinne meines Versuchsaufbaues die Zeitreihendaten an der Stichprobe *Massai* (8 Versuchspersonen) erhoben, mit dem anschließenden Auftrag an mich, die Daten auszuwerten und sie innerhalb meiner Dissertation mit den Ergebnissen der deutschen Probanden und denjenigen der asiatischen Gruppe zu vergleichen.

zurückgelegten Entfernungen und Positionen der Testorte bestimmen ließen. Die Weiderouten nahmen ihren Anfang in einem Basislager auf der Anhöhe über den Tälern zweier Bäche. Alle Routen führten durch steiles, unwegsames Buschland zum Grund dieser Täler und zurück.

8.1.4. Methoden und Datenauswertung

Taktiler Test

(Vgl. Kapitel 3.3.: Der taktile Test und Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung)

Lokomotion

Die pedometrisch aufgezeichneten, individuellen Lokomotionsschübe (m/15 min.) zwischen den 32 Meßpunkten wurden, wie die Zeitreihen des taktilen Diskriminationstest als Funktion der Tageszeit abgetragen. Die so entstandenen Lokomotions-Zeitreihen wurden in der weiteren Datenverarbeitung analog der Hände-Zeitreihen behandelt.

8.1.5. Ergebnisse

8.1.5.1. Lateralisierungsindizes der Tastleistung

Tabelle 48: Lateralisierungsindizes für die Mittelwerte aus 8-Stunden taktilen Diskriminationstest in Prozentwerten

	Vpn	r/r+l*100= % Richtignennungen	l/r+l*100= % Richtignennungen	%LI=r-l/r+l*100	
1	male	MJUL1	49.918	50.082	-0.164
2	male	MJUL29	50.977	49.023	1.955
3	male	MJUL30	52.647	47.353	5.294
4	male	MLTE24	50	50	0
5	male	MMPE1	50.446	49.554	.893
6	male	MMPE16	50.306	49.694	.611
7	male	MMPE2	50.970	49.030	1.940
8	male	MMPE3	51.453	48.547	2.906
9	male	MNOA27	49.727	50.273	-0.546
10	male	MNOA28	53.371	46.629	6.742
11	male	MPET19	53.322	46.678	6.644
12	male	MSAI2	50.252	49.748	.505
13	male	MSAI21	50.346	49.654	.692
14	male	MSAI25	48.392	51.608	-3.216
15	male	MSAI29	49.393	50.607	-1.214
16	male	MSAI3	49.518	50.482	-0.964
17	male	MSAI30	49.420	50.580	-1.159
18	male	MTET17	50.889	49.111	1.778
19	male	MTIT22	51.307	48.693	2.614
		Gesamt	50.666	49.334	1.332

Sechs Personen (32%) zeigen einen leichten Linkshandvorteil, während zwölf Personen einen kleinen Rechtshandvorteil aufweist. Eine Person dieser Gruppe erfährt keinerlei Handvorteil (Lat. Ind. = 0%). Der mittlere Grad der Lateralisierung über die ganze Gruppe ergibt 1.3% (2.648 SD) und damit insgesamt einen leichten Rechtshandvorteil. Der leichte Rechtshandvorteil, der sich über die Gruppe insgesamt ergibt ist mit $p = .0103$ statistisch signifikant (paired t-test).

8.1.5.2. Mittelwertsvergleich zwischen linker und rechter Hand

Tabelle 49: Mittelwertsvergleich zwischen rechter und linker Hand (univariate Varianzanalyse):

	Vpn	p	
1	male	MJUL1	.9433
2	male	MJUL29	.0093
3	male	MJUL30	.0064
4	male	MLTE24	1.000
5	male	MMPE1	.6852
6	male	MMPE16	.8367
7	male	MMPE2	.5255
8	male	MMPE3	.1607
9	male	MNOA27	.7764
10	male	MNOA28	.0006
11	male	MPET19	.0758
12	male	MSAI2	.5167
13	male	MSAI21	.7437
14	male	MSAI25	.1526
15	male	MSAI29	.1668
16	male	MSAI3	.4018
17	male	MSAI30	.5260
18	male	MTET17	.4945

19 male MTIT22 .1913

Vier Personen zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Händen, der jeweils auf einen Rechtshandvorteil zurückzuführen ist.

8.1.5.3. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links-und rechtshändiger Diskrimination

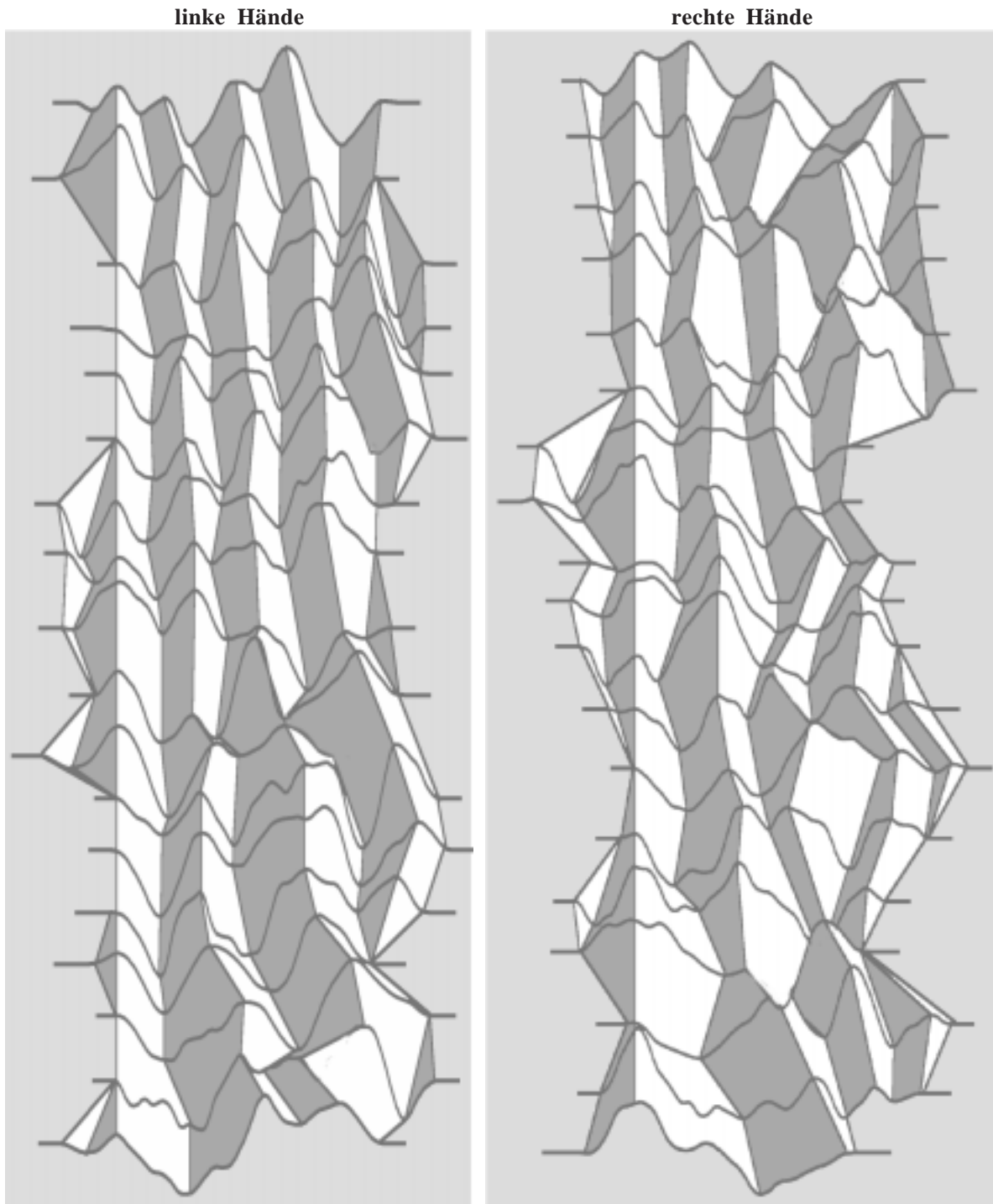


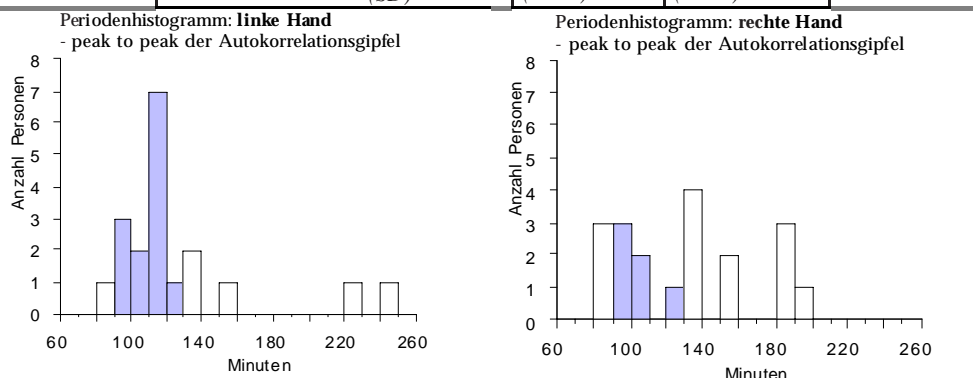
Abb. 55 Um die lateralisierten Oszillationen rechter und linker Hand visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der einzelnen Versuchsdurchgänge entsprechend der Länge ihres ersten Spitze-zu-Spitze Intervalles untereinander angeordnet und auf das erste deutliche Maximum der Fehlerrate synchronisiert. Die Graphiken der Abbildung vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als hätten die Oszillationen ihr erstes Maximum der Fehlerrate zur selben Zeit erreicht. Verbindet man das erste, zweite, dritte und vierte Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie, hebt sich der oszillatorische Vorgang graphisch als "Wellenfeld" hervor. Aufsteigende Flanken sind dunkel gefärbt, absteigende hell.

8.1.5.4. Histogramme der Periodenintervalle der rechts- und linksseitigen Oszillation der taktilen Diskriminationsleistung

Berechnet wurden die Distanzen zwischen den Maxima der positiven Autokorrelationswerte für die 'rechte' und 'linke Hand' in Minuten (Vgl. Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung) - In allen Versuchsdurchgängen zeigen die Probanden dieser Gruppe in der Leistung beider Hände zyklische Schwankungen.

Tabelle 50: Periodenintervalle

	Vpn		'linke Hand'	'rechte Hand'
1	male	MJUL1	97.5	97.5
2	male	MJUL29	150.0	90.0
3	male	MJUL30	180.0	112.5
4	male	MLTE24	135.0	112.5
5	male	MMPE1	105.0	150.0
6	male	MMPE16	135.0	135.0
7	male	MMPE2	135.0	112.5
8	male	MMPE3	180.0	105.0
9	male	MNOA27	120.0	112.5
10	male	MNOA28	82.5	135.0
11	male	MPET19	105.0	112.5
12	male	MSAI2	90.0	97.5
13	male	MSAI21	150.0	112.5
14	male	MSAI25	82.5	82.5
15	male	MSAI29	195.0	105.0
16	male	MSAI3	135.0	240.0
17	male	MSAI30	82.5	225.0
18	male	MTET17	180.0	112.5
19	male	MTIT22	90.0	120.0
Gesamt		<i>Median (Mittelwert)</i>	112.5 (124.7)	135 (127.9)
		<i>MAD (SD)</i>	7.5 (41.2)	37.5 (37.2)



From (≥)	To (<)	Count	From (≥)	To (<)	Count
70	80	0	70	80	0
80	90	1	80	90	3
90	100	3	90	100	3
100	110	2	100	110	2
110	120	7	110	120	0
120	130	1	120	130	1
130	140	2	130	140	4
140	150	0	140	150	0
150	160	1	150	160	2
160	170	0	160	170	0
170	180	0	170	180	0
180	190	0	180	190	3
190	200	0	190	200	1
200	210	0	200	210	0
210	220	0	210	220	0
220	230	1	220	230	0
230	240	0	230	240	0
240	250	1	240	250	0
	Total	19		Total	19

Abb. 56 zeigt die Histogramme für die Periodenintervalle der Leistungsgipfel für beide Händezeitreihen in Minuten. Balken, die innerhalb des BRAC-Zeitbereiches liegen, sind farblich herausgehoben.

Die taktile Diskriminationsleistung der linken Hand oszilliert bei den meisten Personen dieser Gruppe im engen Frequenzband zwischen 1.5 und 2.5 Stunden. 13 Versuchspersonen (68%), von den insgesamt 19 Personen dieser Gruppe, **liegen im Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Eine Person (11%) erfährt ein kürzeres Periodenintervall (zw. 60 und <120 Minuten) und fünf Personen (26%) zeigen

längere Zyklen (zw. >120 und 240 Minuten). Alle Probanden dieser Gruppe zeigen in der linkshändigen Leistung zyklische Schwankungen.

Insgesamt erfährt die 'linke Hand' im Median eine Zyklizität von **112.5 min. = 1.9 Std. = 12.8 Z/T.**

Ebenso oszilliert die taktile Diskriminationsleistung der rechten Hand bei sechs Versuchsperson (**32%**) von den insgesamt 19 Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich.** Drei Personen (16%) zeigen kürzere Periodenintervalle (zw. 60 und <120 Minuten), zehn Personen (53%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 240 Minuten). Alle Probanden dieser Gruppe zeigen in der rechtshändigen Leistung zyklische Schwankungen.

Insgesamt erfährt die 'rechte Hand' im Median eine Zyklizität von **135 min. = 2.25 Std. = 10.7 Z/T.**

Die beiden Verteilungen unterscheiden sich statistisch nicht voneinander (Wilcoxon Signed Rank, reHand - liHand : $p = .6051$; $Z = -.517$)

Ergebnisse und Diskussion der Kulturunterschiede in den lateralisierten Leistungszyklen

Im Hinblick auf die, in der deutschen Gruppe ermittelten Geschlechtsunterschiede, verglichen wir die Daten der *Massais* ausschließlich mit den Werten der deutschen Männer (*Labor* und *Walking* Gruppe). Für diesen Vergleich wurden allein diejenigen 'Peak-to-Peak' Intervalle benutzt, welche jeweils an den ersten Beobachtungstagen von allen sieben *Massais* bestimmt worden waren. Die Variationen der mittleren Spitze-zu-Spitze Intervalle der Autokorrelationen für Zeitreihen der 'rechten' und 'linken Hand' zeigen sich im Periodenhistogramm. Ähnlich wie die deutschen Versuchspersonen zeigen die *Massai* in den Variationen der mittleren 'Peak-to-Peak' Intervalle für die Zeitreihen der 'rechten' und 'linken Hand' unterschiedliche Verteilungen. **Aber im Gegensatz zu den Deutschen erschien eine annähernd zwei-stündige Periodizität in den Zeitreihen der linken Hand, während die Zeitreihen der rechten Hand ein breiter verteiltes Varianzspektrum zeigen.** Wir kennen den Grund dieses Seitenwechsels gegenüber den entsprechenden Daten der Konstanzer Personengruppe nicht. Neben genetischen Faktoren, könnte die Ursache in Unterschieden des kognitiven Stils liegen. Die Konstanzer Personengruppe hatte auf ihren Wanderungen entlang einer bekannten Route keine wesentliche Orientierungsleistung zu vollbringen. Zudem dürfte die Unterhaltung mit dem begleitenden Versuchleiter einen überwiegend verbalen Stil der Kognition vorgegeben haben. Demgegenüber waren die *Massai*-Hirten stets damit beschäftigt eine Herde von 40 bis 80 Tieren und deren Bewegungen im Busch nicht aus den Augen zu verlieren, während die Unterhaltung mit dem begleitenden Beobachter weniger ins Gewicht gefallen sein dürfte.

Signifikante Unterschiede zeigten sich, wenn von beiden Gruppen die rechten Seiten mit den rechten, die linken Seiten mit den linken verglichen wurden (*Massai*-rechts/Male-deutsch-rechts $p = .040$; and *Massai*-links/Male-deutsch-links $p = .045$; Wilcoxon rank sum test). Der Seitenunterschied in den ultradianen Perioden zwischen rechts- und linkshändiger Diskrimination, wie er bei den deutschen Männer festzustellen war, hatte sich bei den *Massais* umgekehrt.

8.1.5.5. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand

Drei Personen zeigen keine Zyklizität in der Kreuzkorrelationsvariable der Hände

Tabelle 51: Mittelwerte der positiven Maxima-Differenzen jeder Person

	Vpn	Kreuzkorrelation	RH		Vpn	Kreuzkorrelation	RH
	male	versus LH (Minuten)			male	versus LH (Minuten)	
1	male	MJUL1	98	10	male	MNOA28	/
2	male	MJUL29	165	11	male	MPET19	70
3	male	MJUL30	60	12	male	MSAI2	42
4	male	MLTE24	82	13	male	MSAI21	75
5	male	MMPE1	34	14	male	MSAI25	70
6	male	MMPE16	/	15	male	MSAI29	80
7	male	MMPE2	90	16	male	MSAI3	98
8	male	MMPE3	/	17	male	MSAI30	105
9	male	MNOA27	75	18	male	MTET17	60
				19	male	MTIT22	60
		Gesamt	Median / M			75 (79)	
			MAD / SD			15 (30.1)	

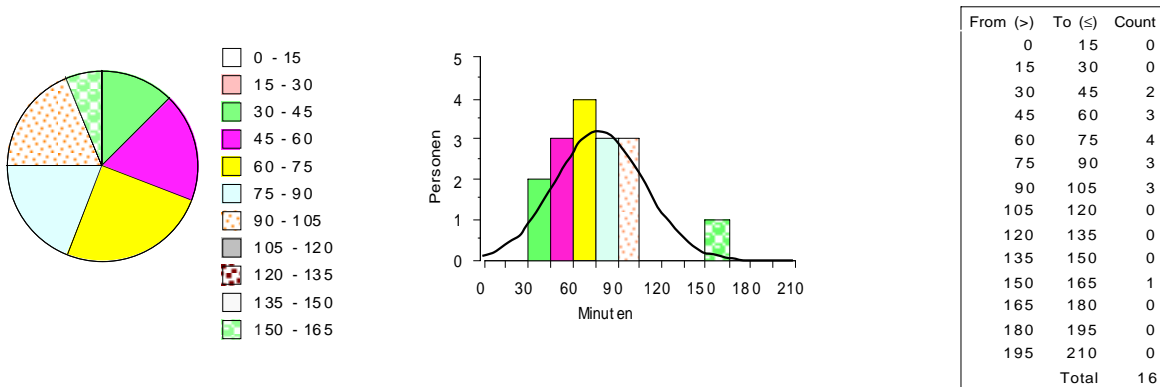


Abb. 57: Mittelwerte der positiven Maxima-Differenzen für jede Person

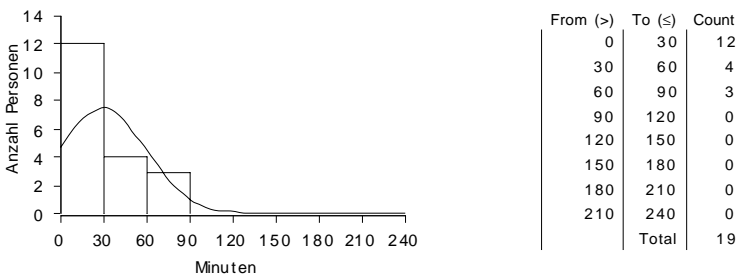


Abb. 58: Zeitdifferenz für jede Person zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum

Nachfolgende Abbildung zeigt (als Histogramm) alle ‘Peak-to-Peak’ Differenzen zwischen den positiven Maxima der Kreuzkorrelationsvariable.

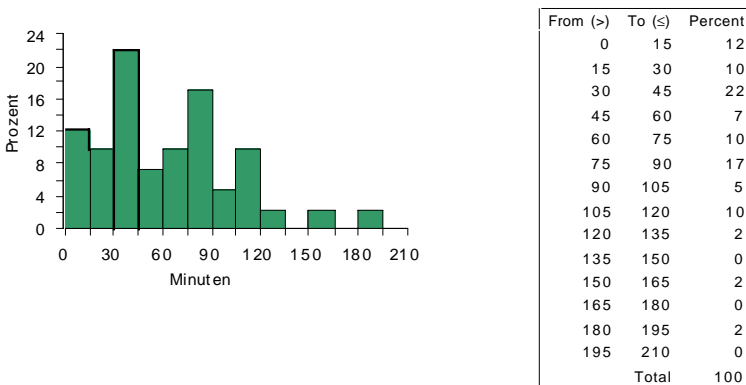


Abb. 59: Alle ‘Peak-to-Peak’ Differenzen zwischen den Maxima der Kreuzkorrelationsvariable

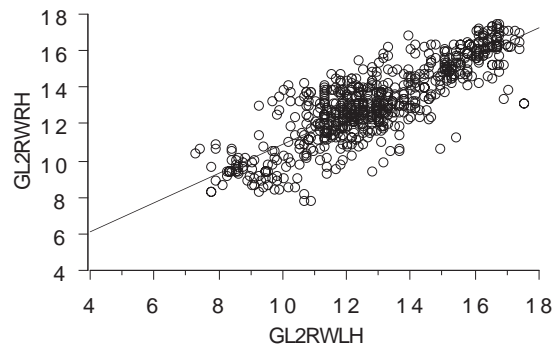
Korreliert man die Variablen ‘rechte Hand’ und ‘linke Hand’ jeweils um ein Lag versetzt (15 min.) schrittweise miteinander, so kann geprüft werden, nach wievielen Minuten die beiden Variablen wieder mit einem positiven Koeffizienten korrelieren. In unserem Fall wurden die positiven Maxima der Kreuzkorrelationszeitreihe und ihre zeitliche Differenz bestimmt. Dieses Verfahren gibt Auskunft über den periodischen Phasenzusammenhang der beiden Zeitreihen. Die Zykluslänge der Leistungswechsel zwischen rechter und linker Hand (linker und rechter Hemisphäre) gruppiert sich zeitlich um den **Frequenzbereich zwischen 45 und 105 Minuten: Median = 75 Minuten.**

Sechs Personen (32%) zeigen zum Verschiebungszeitpunkt 0 ein positives Maximum. Die Abbildung zeigt, daß die beiden Zeitreihen ‘rechte’ und ‘linke Hand’ von 32% der Versuchspersonen schon nach einer Verschiebung um weitere ein bis zwei Lags (15-30 Minuten) maximal positiv aufeinander zu liegen kommen. Diese Tendenz kommt auch in der Regressionsanalyse zum Ausdruck.

8.1.5.6. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'

Tabelle 52: Regressionsanalyse zum Verschiebungszeitpunkt 0; (Filter 1);

		Vpn	Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p
1	male	MJUL1	.513	.097	.695	5.297	<.0001*
2	male	MJUL29	.783	.048	.946	16.426	<.0001*
3	male	MJUL30	-.229	.196	-.203	-1.172	.2497
4	male	MLTE24	-.028	.195	-.027	-.144	.8865
5	male	MMPE1	.161	.149	.193	1.077	.2900
6	male	MMPE16	.268	.146	.356	1.829	.0803(Trend)
7	male	MMPE2	-.638	.271	-.379	-2.353	.0247*
8	male	MMPE3	.306	.186	.275	1.646	.1092
9	male	MNOA27	.465	.139	.521	3.341	.0022*
10	male	MNOA28	.288	.118	.388	2.452	.0195*
11	male	MPET19	-.434	.274	-.341	-1.580	.1305
12	male	MSAI2	.475	.143	.501	3.325	.0022*
13	male	MSAI21	.843	.128	.744	6.581	<.0001*
14	male	MSAI25	.562	.125	.616	4.488	<.0001*
15	male	MSAI29	.474	.283	.284	1.677	.1032
16	male	MSAI3	-.089	.150	-.103	-.593	.5569
17	male	MSAI30	.090	.089	.177	1.017	.3167
18	male	MTET17	.795	.262	.467	3.033	.0047*
19	male	MTIT22	-.270	.129	-.333	-2.087	.0443*



$$[r (df 627) = .774, p < .0001]$$

Abb. 60: Regressionsanalyse der Richtignennungen der rechten Hand (GL2RWRH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'rechte Hand') versus derer der linken Hand (GL2RWLH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'linke Hand').

13 Personen zeigen einen positiven Koeffizienten (neun davon signifikant), sechs Personen einen negativen Koeffizienten (zwei davon neg. signifikant).

Schon nach einer Verschiebung um weitere zwei Lags (30-60 Minuten) korrelieren weitere 21% positiv. Bei **85% der Personen liegt die zeitliche Distanz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum nicht weiter als eine Stunde auseinander.**

Das anschließende Histogramm zeigt nun alle Zeitdifferenzen zwischen den positiven Maxima in den Kreuzkorrelations-Zeitreihen der Versuchspersonen. Hier fällt auf, daß eine große Anzahl der positiven Maxima-Differenzen in den Zeitbereich bis 45 Minuten fällt (44%), und die nächste Häufung von Maxima im Bereich zwischen 60 und 90 Minuten liegt (27%).

Bei 75% der Versuchspersonen ereignet sich der Interhemisphärische Leistungswechsel im Frequenzbereich bis 90 Minuten. Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) liegen nur 19%. Nur eine Person (6%) erfährt längere Perioden in ihrer Kreuzkorrelationsvariable.

Der postulierte Interhemisphärische Leistungswechsels im ultradianen Zeitbereich bestätigt sich damit mit einer mittleren Frequenz von 79 Minuten = 1.32 Stunden = 18 Z/T. Allerdings liegt die zeitliche Rhythmisität des Hand/Hemisphärenwechsels hier knapp außerhalb der 'erweiterten' BRAC-Frequenz.

8.1.5.7. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen RH und LH

Tabelle 53: Versuchspersonen, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der rechten Hand zeigen, Gruppe = *Massai*.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.454	.109	2.587	4.175	.0003	MJUL29
-.773	.271	-2.322	-2.850	.0176	MMPE16
-.372	.168	-1.554	-2.219	.0345	MNOA28
.5930	.165	2.090	3.593	.0012	MSAI21
-.3940	.181	-1.466	-2.173	.0384	MSAI25

Quadratischer Trend

-.0140	.003	-2.466	-3.981	.0005	MJUL29
.0310	.012	2.130	2.614	.0176	MMPE16
.0100	.005	1.358	1.939	.0623	MNOA28(Trend)
-.0130	.005	-1.647	-2.831	.0082	MSAI21
.0140	.005	1.778	2.637	.0135	MSAI25

Tabelle 54: Versuchspersonen, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen der linken Hand zeigen, Gruppe = *Massai*

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.5080	.167	2.091	3.052	.0051	MJUL29
.4140	.210	1.355	1.972	.0579	MSAI21(Trend)

Quadratischer Trend

-.0150	.005	-1.980	-2.889	.0075	MJUL29
.0080	.004	1.223	1.913	.0660	MSAI25(Trend)

Tabelle 55: Anordnung der Personen dieser Gruppe nach: negativem Regressions-Koeffizienten ($r \leq -.003$), keinem quadratischen Trend und positivem Regressions-Koeffizienten ($r \geq .003$).

'linke Hand'	$r \leq -.003$	kein quad.	$r \geq .003$	'rechte Hand'	$r \leq -.003$	kein quad.	$r \geq .003$
male			MJUL1	male			MJUL1
male		MJUL29*		male			MJUL29*
male		MJUL30		male			MJUL30
male			MLTE24	male			MLTE24
male		MMPE1		male			MMPE1
male			MMPE16	male			MMPE16*
male		MMPE2		male			MMPE2
male		MMPE3		male		MMPE3	
male		MNOA27		male			MNOA27
male		MNOA28		male			MNOA28*(Tren MPET19
male			MPET19	male			MPET19
male		MSAI2		male		MSAI2	
male		MSAI21		male		MSAI21*	
male			MSAI25*(Trend)	male			MSAI25*
male		MSAI29		male		MSAI29	
male		MSAI3		male			MSAI3
male		MSAI30		male			MSAI30
male		MTET17		male			MTET17
male		MTIT22		male			MTIT22

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der rechten Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Massai* zeigen zwölf Personen (63%), einen langsamen negativen Verlauf: $r \leq -.003$, drei Personen keine circadianen Schwankungen und vier Personen (21%) eine positiv quadratische Niveauveränderung: $r \geq .003$. 16% zeigen keine Schwankungen im circadianen Frequenzbereich in der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand.

Zwei Personen aus dieser Gruppe (11%) zeigen eine signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig signifikant negativ quadratischem Trend. Drei Personen aus dieser Gruppe (16%) zeigen sogar eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig signifikant langsamen positiven Trend.

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'Diskriminationsleistung der linken Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Massai* zeigen acht Personen (42%) eine negativ quadratische Niveauveränderung: $r \leq -.003$, beinahe ebenso viele Personen keine circadianen Schwankungen und vier Personen (21%) einen langsamen

positiven Verlauf: $r \geq .003$. Damit bleiben **37% ohne** Schwankungen im circadianen Frequenzbereich in der taktilen Diskriminationsleistung der linken Hand.

Zwei Männer aus dieser Gruppe zeigen eine signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'linke Hand' im Laufe des Tages; nur einer davon bei gleichzeitig negativ quadratischem Trend.

Weitere Ergebnisse:

Weiterhin wurde überprüft, ob es einen raumzeitlichen Zusammenfall zwischen ultradianen Halbphasen (Maxima der Hoch- oder Tiefphasen in den Diskriminationszeitreihen) mit bedeutsamen Geländemarkern gibt. Für die *Massai* und ihre Tierherden kommen hierfür Orte mit Frischwasser in Frage. **Wasserstellen und Flußläufe im Gelände fallen räumlich signifikant häufiger ($p < .0001$ Chi Square) mit zeitlichen Hochleistungsphasen der 'linken Hand' (rechten Hemisphäre) zusammen als mit einer Tiefphase. Dieser Zusammenhang ergibt sich nicht für die 'rechte Hand'.**

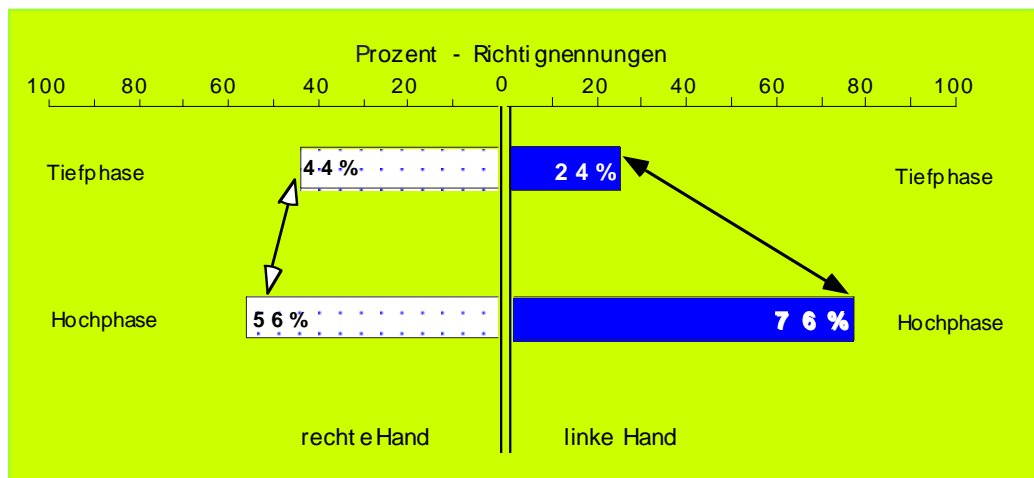


Abb. 61 Häufigkeit (in %) des Zusammentreffens bestimmter ultradianer Halbphasen mit dem bedeutsamen Geländemarker 'Wasserstelle'.

8.1.5.8. Zusammenfassung und Diskussion verschiedener Ergebnisse

8.1.5.8.1. Lineare und circadiane Niveauveränderungen

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können auch hier als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Es gilt auch hier die Einschränkung, daß diese Bezeichnung nicht mehr als eine naheliegende Interpretation ist, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer, als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin.

In der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand erfährt die Mehrheit der Versuchspersonen einen negativen circadianen Verlauf. Auch in der 'linken Hand' gibt es einen kleinen Überhang für eine negative circadiane Rhythmizität; fast ebensoviele *Massai* aber zeigen 'links' keine circadianen Schwankungen.

Sieben Personen, welche von einem negativen circadianen Einfluß der rechten Hand zeugen, unterliegen diesem auch mit der 'linken Hand' (37%). Drei weitere Person zeigen eine positive circadiane Schwingung in der rechten Hand, sowie mit der 'linken Hand'. Sowohl die 'rechte', als auch die 'linke Hand' unterliegen damit parallel einem circadianen Einfluß.

Bei keiner der Personen verhalten sich die circadianen Leistungskurven gegenläufig.

Im Gegensatz zur Gruppe *Labor*, welche den Tag über ohne kognitive Anforderung blieb und bei der ein hoher Prozentsatz der Versuchspersonen keine circadianen Schwankungen aufweist, und der Gruppe *Orientierung* bei welche mehrheitlich die 'linke Hand' eine negative Tageszyklizität aufweist, verhält sich die Gruppe *Massai* ähnlich wie die Gruppen *Dichotisches Hören* und *Walking*, bei welchen hauptsächlich die 'rechte Hand' von einer negativen Tageszyklizität betroffen ist. Die prozentuale Anzahl an Personen mit einem linksseitigen Mittagshoch der Leistung

erhöht sich hier gegenüber den Gruppen *Dichotisches Hören* und *Walking*. Die Gruppe *Orientierung* aber, liegt prozentual noch deutlich höher. *Laborgruppe*, *dichotische Hörgruppe* wie auch *Walkinggruppe* sind linksseitig kaum von circadianen Verläufen betroffen.

Für zwei Probanden tritt eine Leistungsverbesserung für beide 'Hände' im Laufe des Tages ein. Diese Personen wurden wiederholt an verschiedenen Tagen gemessen.

Neben ultradianen und circadianen Fluktuationen, welche physiologisch bedingt sind, findet sich kein Anzeichen dafür, daß die anderen Probanden die Braille-Zeichen im Laufe der Tage besser diskriminieren lernen. Offenbar ist eine Kodierung der sinnfreien Punktmuster nicht möglich. Vielmehr wird auch nach mehrstündiger Darbietung das taktile Diskriminationsergebnis 'naiv' wiedergegeben. Drei Personen zeigen lateralisiert (nur rechtshändig) sogar einen signifikanten Leistungsabfall über die Zeit. Gegen einen Lerneffekt sprechen auch diese Verschlechterungen in den folgenden Stunden.

8.1.5.8.2. Lateralisierte ultradiane Hoch- und Tiefleistungsphasen bezogen auf den Raum

Wie schon in der Versuchsplanbeschreibung angegeben, erfolgte die Datenerhebung in Kenya anhand des taktilen Diskriminationstests an der Gruppe *Massai*, während diese ihre Herden über mehrere Stunden auf festgelegten, offenbar mental repräsentierten, Pfaden führten.

In der *Orientierungsgruppe* (vgl. Abschnitt 7.9.5.) zeigte sich, daß **räumliche Erinnerungsphasen** mit der oszillierenden Lateralisierung zwischen rechter und linker Seite (linker und rechter Hemisphäre) in Zusammenhang stehen. In Phasen, in denen die Lateralisierung positiv ist, also eine Überlegenheit der rechten Hand (linke Hemisphäre) gegenüber der linken Hand in der taktilen Leistung gegeben war, konnte später die Wegstrecke schlecht erinnert werden; d.h. die räumliche Leistungsfähigkeit sinkt ab. Dagegen konnten **Wegstrecken, während derer die linke Hand (rechte Hemisphäre) der Leistung der rechten Hand überlegen war, später gut erinnert werden.**

Die Gruppe *Massai* hatte keine räumliche Gedächtnisaufgabe zu leisten. Da jedoch ihre Weiderouten sie täglich auf verschiedenen, von ihnen erinnerten Pfaden führten, wollten wir wissen, ob die Spurdiagramme ihrer lateralisierten Hemisphärenleistung - wie beispielsweise in der Gruppe *Walking* - sich individuell und willkürlich im Raum abbilden, oder ob sich ein sinnvoller Bezug zum Gelände herstellen läßt.

Einen bedeutungsvollen Geländemarker für Viehhirten im afrikanischen Steppengebiet stellen Wasserstellen dar.

Es zeigte sich, daß die **Häufigkeit (Abb. 61) der Kovariation der lateralisierten ultradianen Halbphasen mit 'Wasserstellen'**, d.h. der raumzeitliche Zusammentreffen der ultradianen Halbphasen mit dem bedeutsamen Geländemarker 'Wasser', nicht zufällig ist.

Im Gegensatz zu den deutschen Probanden der Gruppe *Walking* und *Orientierung*, welche die Tagesstrecke nur einmalig begingen, so daß sich bei jeder Versuchsperson ein individuelles Muster seiner *Spurbilder* für den durchwanderten Raum ergibt, zeigt das Beispiel der *Massai* eine Parallelität in den periodischen Schankungen des Hemisphärenvorteiles (rechts), bezogen auf die Raumzeitverteilung über verschiedene Meßtage hinweg.

Da die Originalkarten der Wanderwege zur weiteren Auswertung nicht mehr zur Verfügung stehen, sowie ein Vergleich mit unseren deutschen Probanden aufgrund der Meßwiederholung nicht gemacht werden kann, muß die Frage nach kulturspezifischen Unterschieden in den raumzeitlichen Spurbildern ultradianer Periodizitäten des alternierenden Seitenvorteiles unbeantwortet bleiben. Dieses Ergebnis zeigt aber, daß - anders als in der Gruppe *Walking* (Studie III) - die ultradianen Halbphasen rechtshemisphärischer Hochleistung im Zusammenhang mit 'bedeutsamen' Raummerkmalen stehen. Wie sich aus Studie IV ersichtlich, fallen räumliche Erinnerungen überzufällig häufig in Phasen rechtshemisphärischer Wahrnehmungsdominanz. Offenbar wird die Spezialisierung der rechten Hemisphäre für räumliches Material und deren ultradiane Aktivierung von den *Massai* auf diese Art adaptiv in Anpassung an ihre Lebenswelt genutzt, so daß relevante Orte im Raum wiedergefunden werden können. Allerdings wissen wir nicht, ob womöglich umgekehrt die (vorweggenommene) Ankunft an der Wasserstelle den Linkshandvorteil (rechte Hemisphäre) hervorruft.

8.2. Untersuchungen bei thailändischen *Akha*

In der modernen Welt gibt es nur noch wenige Gesellschaften, die weiterhin unbeeinflusst bleiben von elektrischem Licht und den Einflüssen welche die technologische Zivilisation hervorbringt. Die Einwohner des Dorfes Senchilla in den Bergen Nordthailands sind eine solche traditionell lebende Gruppe.

8.2.1. Ethnographische Angaben

Die Nahrungserwerbsstrategie der *Akha* in den Bergen Nordthailands, nahe der burmesischen Grenze, läßt sich als 'niederer Bodenbau' oder Brandrodungsbau kennzeichnen. Neben dem Reisanbau werden kleinere Gärten unterhalten, in denen Früchte, Gemüse und Obst (Papaya, Bananen) sowie Tabak gepflanzt wird. Als domestizierte Tiere werden vor allem Schweine und Hunde gehalten. Beide werden zu bestimmten Festen rituell geschlachtet und verzehrt.

Zusätzlich jagen die Männer Wildkatzen und kleinere Baumsäuger in den umliegenden Wäldern. Die Frauen stellen Fallen für Vögel im Gebüsch auf und suchen nach Kräutern und Heilpflanzen in der Umgebung. Jagen und Sammeln spielen jedoch eine zweitrangige Rolle, primär ist der Subsistenz-Bodenbau.

Die *Akha* sind, abgesehen von notwendigen Migrationen, durch ihren arbeitsintensiven Feldbau zur Selbsthaftigkeit gezwungen. Sie streben gegenüber der thailändischen Regierung territoriale Rechte an.

Die Dorfgemeinschaften sind dauerhafte, auf der Nahrungsproduktion durch Zusammenarbeit beruhende, Lokalgemeinden. Eigentumsrechte werden über Verwandtschaftsbeziehungen geltend gemacht. Damit rekrutierten sich beinahe alle unserer 30 Versuchspersonen aus den Verwandtschafts- und Freundschaftsbeziehungen um die Hütte des Dorfoberhauptes, des Abaw Buseu dessen Rolle als 'primus inter pares' bezeichnet werden kann. Er ist für die Stabilität des sozialen Miteinanders verantwortlich und nimmt, stark koordinierend, Einfluß auf die zeitliche Einteilung des Tages.

Die weiblichen, gefolgt von den männlichen, Erwachsenen stehen morgens zwischen fünf und sechs Uhr zur Zeit des Sonnenaufgangs auf. Zur Datenerhebungszeit wurde es etwa gegen fünf Uhr. Die Frauen holen Holz und Wasser und beginnen den Tagesvorrat Reis zu kochen, während die Männer Gemüse vorbereiten. Anschließend helfen Männer wie Frauen, Hütte und Hof sauber zu machen.

Gegen sieben Uhr verkünden die Ältesten im Dorf, Kraft ihrer Autorität, den Tagesplan der anstehenden Gemeinschaftsarbeiten. Sie synchronisieren die einzelnen Personen auf den zeitlichen Ablauf des Tagesverlaufs und teilen die Aufgaben ein.

Außerhalb der Erntezeit jagen die Männer im Wald, während die Frauen innerhalb der Endosphäre des Bannwaldes bleiben. Zur Zeit der Reisernte und zum Bestellen der Felder verlassen die Familien zwischen sieben und 7.30 das Dorf um sich gemeinsam auf den bergigen Weg zu den oft weit entfernten Gemüsegärten und Reisfeldern zu machen, die kooperativ bearbeitet werden. Dabei legen sie die Wegstrecke in flottem Tempo zwischen 30 Minuten und 1 1/2 Stunden Marschzeit zurück. Es erfolgte damit, bis auf wenige Ausnahmen vor Testbeginn eine mindestens halbstündige Lokomotionsphase, welche in Abhängigkeit von der Felddistanz früher oder später am Morgen begann.

Die Arbeit auf dem Feld beginnt, nach einer Erholungspause vom Fußmarsch, etwa zwischen 9 Uhr und 9.30 Uhr, die, bis auf kurze Trinkpausen und Unterbrechungen um die Kleinkinder zu versorgen, bis gegen 13 Uhr andauert. Während der Arbeit wird geraucht und Betelnuß gekaut. Gegen 12.30 Uhr scheidet eine Person aus der Gruppe aus, erntet Gemüse und sammelt Kräuter, um daraufhin für alle die Mittagsmahlzeit zuzubereiten.

Die Mahlzeit nimmt ca. 30 Minuten in Anspruch, weitere 30 Minuten vergehen für einen anschließenden Mittagsschlaf. Danach wird die Arbeit wieder aufgenommen, wie zuvor. Das Arbeitsende bestimmt sich je nach Sonnenuntergangszeit und der Länge des Fußwegs zum Dorf zurück. Die *Akha* achten deutlich darauf sich nach Sonnenuntergang nicht mehr außerhalb der Dorfzone aufzuhalten. Zum Datenerhebungszeitpunkt ging etwa gegen 18 Uhr die Sonne unter. Arbeitsbeginn und -ende, sowie Pausen, werden von der staturhöchsten Person der jeweiligen Tagesgruppe bestimmt.

8.2.2. Hypothesen

Unter Annahme der ultradianen Aktivierung der cerebralen Hemisphären nach dem erweiterten BRAC-Modell, daß der REM-NREM Rhythmus und dessen Fortsetzung während des Wachzustands im Frequenzbereich von 80-120 Minuten

mit dem periodischen gegenphasigen Wechsel in der relativen Aktivierung der beiden cerebralen Hemisphären einhergeht und damit einen zyklisch alternierenden Wahrnehmungsvorteil der linken und rechten Körperseite hervorruft, lautet die Fragestellung für diese Experimentalgruppe: Kann die von der BRAC-Hypothese postulierte Variation der Leistung im ultradianen Zeitbereich für diese Kulturgruppe bestätigt werden?

Die Haupthypothese postuliert, daß sich ein im ultradianen Zeitbereich zyklisch alternierender Wahrnehmungsvorteil in der taktilen Diskriminationsleistung linker und rechter Hand einstellen wird, d.h. daß die Anzahl der Richtignennungen der rechten gegenüber der linken Hand präsentierten taktilen Stimuli sich phasenverschoben zeigen wird und sich der Wechsel dieses Wahrnehmungsvorteils auch in Kulturen ohne 'künstliche' Zeitgeber im 80-120 Minuten-Zyklus vollzieht.

Für die Hypothesen bzgl. des Lokomotionsverhaltens, der Nahrungsaufnahme und der Befindlichkeit siehe Kapitel 7, 9 und 10.

8.2.3. Versuchsplan und besondere Umstände der Datenerhebung

Die Datenerhebung in Nordthailand anhand des taktilen Diskriminationstests, des Befindlichkeitstest, der Erhebung der Nahrungsaufnahmezyklen und der Lokomotion-Pause Phasen an der Gruppe *Akha*, im Dorf Senchilla nahe der burmesischen Grenze, erfolgte im Winter 1994/95. Der taktile Test und die Befindlichkeitsabfrage wurden während der Arbeiten auf dem Reisfeld, der Arbeiten in den entfernter gelegenen Gärten, der Bauarbeiten an den Bambushütten, der Waldarbeiten, während der Jagd und des Fischfanges absolviert. Händisch notiert wurden in 15 min. Einheiten zusätzlich bei einigen Personen die Pause-Lokomotionsphasen und die Nahrungsaufnahme²⁶.

8.2.3.1. Instruktion

Da wir die einheimische Sprache nicht beherrschten und keine der Versuchspersonen englisch sprach, half uns Deuleu Choopoh, die Tochter des Dorfoberhauptes und Frau des Anthropologen Leo Alting von Geusau unsere Instruktionen bezüglich des taktilen Tests und vor allem bezüglich des Befindlichkeitsfragebogens zu übersetzen.

Zunächst wurden die Dimensionen und Figuren des Befindlichkeitsfragebogens 'SAM' auf diese Weise erklärt und danach der taktile Test. Ferner wurde den Versuchspersonen gesagt, daß die Versuchsleiter sie den Tag über begleiten und ihnen mehrmals im Laufe des Tages Karten zum Abtasten reichen würden, sowie im Anschluß daran den Befindlichkeitsfragebogen. Weitere Erklärungen wurden nach dem ersten Versuchstag überflüssig, da die Mitglieder der Dorfgemeinschaft anhand dieses Beispiels den Versuchsablauf bei den ersten beiden Probanden miterleben konnten.

8.2.3.2. Versuchspersonen

Die Versuchspersonen des *Akha*-Stammes meldeten sich freiwillig zu einem Testtag, zumeist aus Freundlichkeit ihren Gästen gegenüber, manche sicher auch aus finanziellem Interesse, da wir die Teilnahme mit 50 Baht entschädigen konnten. Dies entspricht der Entlohnung eines erwachsenen Mannes für einen Tag Feldarbeit in Thailand. Nicht alle der Interessierten konnten am Test teilnehmen. Um sicher zu gehen, daß das Prinzip des taktilen Tests verstanden wurde, ließen wir die Versuchsperson einige Zeichenpaare zunächst visuell diskriminieren um entscheiden zu können ob die Personen die Kategorien *gleich* bzw. *verschieden* verstanden hatten. Waren die Personen nicht in der Lage gleiche bzw. verschiedene Zeichenpaare als solche zu bezeichnen, dann wurden sie auch nicht zur taktilen Diskrimination herangezogen. Spiegelverkehrte Braille-Paare wurden von einigen Testwilligen konsistent als *gleich* bezeichnet. Diese Personen erkannten nur völlig unterschiedliche Braille-Zeichen als *verschieden* an. In manchen Fällen war es uns nicht möglich den Personen die Kategorie *identisch* in *Ausprägung und Lage im Raum*, als einzig zulässige Lösung um ein Braille-Paare als *gleich* bezeichnen zu dürfen, zu vermitteln, da die Akhasprache dieses Wort nicht kennt. Diese Vorauswahl war zeitlich grundsätzlich nicht beschränkt. Geübt wurde so lange, bis die in Frage kommende Person das Prinzip des Tests erkannt hatte. In den wenigen Ausnahmefällen kapitulierten die Interessenten, bevor sie den Test verstanden hatten.

²⁶ Außerordentlicher Dank für die Bereitschaft und Zuverlässigkeit bei der Mithilfe im Feld, an der oft anstrengenden Datenerhebung im tropischen Bergland, gebührt Jörg Schaller.

Schließlich konnten 15 weibliche und 15 männliche Versuchspersonen im Alter zwischen 15 und 40 (25.7; SD 6.92) für die Studie gewonnen werden.

Keine der Versuchspersonen verbrachte den Meßtag allein mit den Versuchsleitern, sondern alle waren Teil der synchron handelnden Gruppe mit einer Stärke zwischen 5 - 30 Personen.

Die Personen wurden nicht über den Untersuchungszweck unterrichtet, so daß sie, wie die deutschen Probanden, nicht über Informationen bezüglich der Experimente verfügten. Während der Versuchsdurchführung erhielten auch diese Teilnehmer keinerlei Rückmeldungen über ihre Antworten.

8.2.3.3. Versuchsablauf

Da unser taktile Diskriminationstest für den interkulturellen Vergleich so aufgebaut worden war, daß er sprach- und kulturübergreifend eingesetzt werden kann, keinerlei Vorwissen bedarf, beliebig oft anwendbar ist und unabhängig von Strom und technischen Apparaturen ausgeführt werden kann, vermochten wir unsere Studie ohne Modifikation auf Personen eines fremden Kulturkreises auszudehnen.

Je nach Versuchstag ging den Messungen ein Fußmarsch zum Reisfeld, zu den Gärten oder dem jeweiligen Ort der Tagesstätigkeit voraus. Am Startpunkt angekommen wurde eine erste Testeinheit durchgeführt. Zunächst absolvierte die Versuchsperson den taktilen Test nacheinander mit beiden Händen in einem selbstgewählten Zeitraum, der sich je nach Bedarf auf einen Zeitraum zwischen ca. vier und sieben Minuten erstreckte, um beide Karten abzutasten. Im Anschluß daran erfolgte eine subjektive Befindlichkeitseinschätzung auf einem mitgeführten Testbogen (ca. 30 Sek). Die verbleibenden 8-11 Minuten bis zur nächsten Messung widmete die Person ihrer Arbeitstätigkeit, viertelstündlich unterbrochen um die soeben beschriebenen Testeinheiten zu absolvieren. Die Versuchsleiter protokollierten anhand eines Pedometers fortlaufend die Lokomotion der Versuchsperson und notierten zu jedem Meßzeitpunkt den Kilometerstand. Ferner wurden händisch die Uhrzeiten der Nahrungsaufnahme und besondere Distraktoren notiert.

8.2.4. Methoden und Datenauswertung

Taktile Test

(Vgl. Kapitel 3.3.: Der taktile Test und Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung)

Lokomotion

Die pedometrisch aufgezeichneten, individuellen Lokomotionsschübe (m/15 min.) zwischen den 32 Meßpunkten wurden, wie die Zeitreihen des taktilen Diskriminationstest als Funktion der Tageszeit abgetragen. Die so entstandenen Lokomotions-Zeitreihen wurden in der weiteren Datenverarbeitung analog der Hände-Zeitreihen behandelt.

Befindlichkeitsfragebogen

(Vgl. Kapitle: 'Mittels SAM erhobene Befindlichkeit' (Studie II, IV, V.2))

Nahrungsaufnahme

Zur Datenauswertung wurden die protokollierten Zeitpunkte der Nahrungsaufnahme jeder Versuchsperson den 32 Viertelstunden der Testeinheiten zugeordnet und mit '0' für keine Nahrungsaufnahme und '1' für Nahrungsaufnahme bewertet. Die so entstandenen Nahrungsaufnahme-Zeitreihen wurden in der weiteren Analyse behandelt wie die Hände-Zeitreihen aus dem taktilen Test.

8.2.5. Ergebnisse

8.2.5.1. Lateralisierungsindizes der Tastleistung

Tabelle 56 Lateralisierungsindizes für die Mittelwerte aus 8-Stunden taktilem Diskriminationstest in Prozentwerten

	Vpn	r/r+1*100 =% Richtignennungen	l/r+1*100 =% Richtignennungen	%LI= r-l/r+1*100	
1	fem	AABIA	52.133	47.867	4.265
2	fem	AABMIA	50.411	49.589	0.821
3	fem	AABUH	47.856	52.154	-4.308
4	fem	AADIJA	51.018	48.982	2.035
5	fem	AADJA	51.261	48.739	2.523
6	fem	AADU	48.432	51.568	-3.136
7	fem	AAGA	47.867	52.133	-4.265
8	fem	AAMI	50.346	49.654	0.692
9	fem	AANUNG	51.271	48.729	2.542
10	fem	AAO	50.758	49.242	1.516
11	fem	ABOFAN	49.360	50.640	-1.279
12	fem	AMICHO	51.667	48.333	3.333
13	fem	AMIDI	48.938	51.062	-2.124
14	fem	AMINE	49.650	50.350	-0.701
15	fem	ASOLI	53.559	46.441	7.118
16	male	AABH1	49.031	50.969	-1.937
17	male	AABH2	50.480	49.520	0.959
18	male	AAGO	49.250	50.750	-1.501
19	male	AAHGA	49.827	50.173	-0.347
20	male	AAHJA	50.266	49.734	0.532
21	male	AAJAE	50.602	49.398	1.203
22	male	AALA	48.439	51.561	-3.121
23	male	AAMIA	46.587	53.413	-6.825
24	male	AANNO	50.820	49.180	1.640
25	male	AAPI	49.340	50.660	-1.320
26	male	AAPPA	50.399	49.601	0.797
27	male	AASOE	51.077	48.923	2.155
28	male	AATE	51.819	48.181	3.638
29	male	AATU	49.925	50.075	-0.150
30	male	AMODSCHU	49.762	50.238	-0.476
		Gesamt	50.072	49.929	0.143

Für die 15 Frauen ergibt sich im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel ein leichter Rechtshandvorteil: Mittelwert= 0.602% (3.253 SD). Dagegen ergibt sich für die 15 Männer im LI als Grad der Lateralisierung im Mittel ein leichter Linkshandvorteil: Mittelwert -0.317% (2.490SD). 14 Personen (47%) zeigen einen leichten Linkshandvorteil in der Tastleistung, der gegenüber dem Rechtshandvorteil der anderen 16 Personen schwächer ausfällt. Der mittlere Grad der Lateralisierung über die ganze Gruppe ergibt einen Mittelwert von 0.143% (2.884 SD) und damit insgesamt einen leichten Rechtshandvorteil.

8.2.5.2. Mittelwertvergleich zwischen rechter und linker Hand (univariate Varianzanalyse):

	Vpn	p		Vpn	p		
1	fem	AABIA	0.1534	16	male	AABH1	0.3905
2	fem	AABMIA	0.6319	17	male	AABH2	0.4962
3	fem	AABUH	0.1467	18	male	AAGO	0.7011
4	fem	AADIJA	0.2871	19	male	AAHGA	0.8683
5	fem	AADJA	0.2484	20	male	AAHJA	0.8346
6	fem	AADU	0.2484	21	male	AAJAE	0.5485
7	fem	AAGA	0.0472*	22	male	AALA	0.3495
8	fem	AAMI	0.6951	23	male	AAMIA	0.0369*
9	fem	AANUNG	0.4094	24	male	AANNO	0.5914
10	fem	AAO	0.5568	25	male	AAPI	0.6678
11	fem	ABOFAN	0.6290	26	male	AAPPA	0.6510
12	fem	AMICHO	0.3423	27	male	AASOE	0.5906
13	fem	AMIDI	0.3053	28	male	AATE	0.1671
14	fem	AMINE	0.7877	29	male	AATU	1.000
15	fem	ASOLI	0.0077*	30	male	AMODSCHU	0.8566

Drei Personen zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Händen, der bei zwei Personen auf einen signifikanten Linkshandvorteil zurückzuführen ist.

Der leichte Rechtshandvorteil, der sich über die Gruppe insgesamt ergibt, ist jedoch zu schwach um im Mittelwertvergleich für die Leistung der rechten und linken Hand einen statistisch signifikanten Unterschied zu ergeben: $p = 0.8156$. 'Rechte' und 'linke Hand' unterscheiden sich damit - über die Gruppe betrachtet - nicht.

8.2.5.3. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Oszillationen links- und rechtshändiger Diskrimination

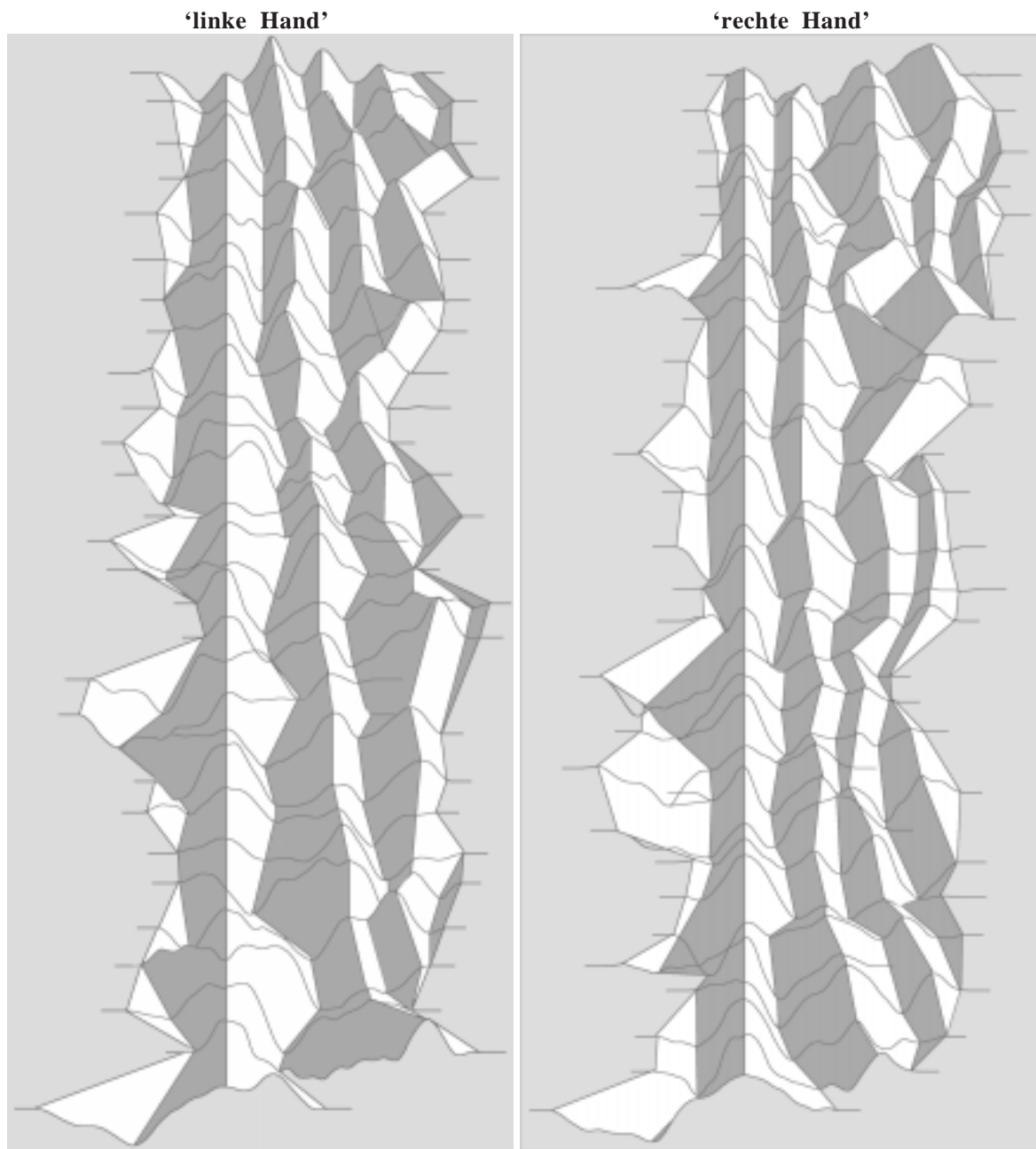


Abb. 62 Um die lateralisierten Oszillationen rechter und linker Hand visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der einzelnen Versuchspersonen entsprechend der Länge ihres ersten Spitze-zu-Spitze Intervalles untereinander angeordnet und auf das erste deutliche Maximum der Fehlerrate synchronisiert. Die Graphiken der Abbildung vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als hätten die Oszillationen ihr erstes Maximum der Fehlerrate zur selben Zeit erreicht. Verbindet man das erste, zweite, dritte und vierte Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie, hebt sich der oszillatorische Vorgang graphisch als "Wellenfeld" hervor. Aufsteigende Flanken sind dunkel gefärbt, absteigende hell.

8.2.5.4. Histogramme der Periodenintervalle der rechts- und linksseitigen Oszillation der taktilen Diskriminationsleistung

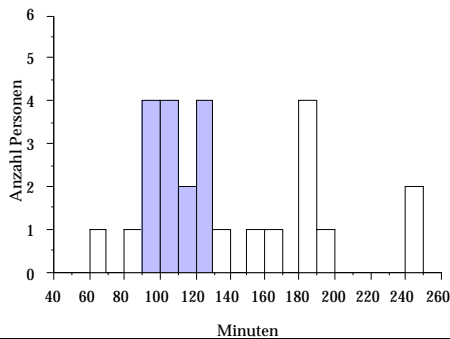
Berechnet wurden die Distanzen zwischen den Maxima der positiven Autokorrelationswerte für die 'rechte' und 'linke Hand' in Minuten (Vgl. Kapitel 3.3.3.: Datenauswertung). Zwei Personen zeigen für die 'rechte Hand' keine systematischen Zyklen, vier Person für die 'linke Hand'.

Tabelle 57: Periodenintervalle der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand

		Vpn	'linke Hand'	'rechte Hand'			Vpn	'linke Hand'	'rechte Hand'
1	fem	AABIA	120	97.5	16	male	AABH1	82.5	135
2	fem	AABMIA	/	150	17	male	AABH2	105	112.5
3	fem	AABUH	90	210	18	male	AAGO	195	/
4	fem	AADJA	112.5	225	19	male	AAHGA	/	105
5	fem	AADJA	180	112.5	20	male	AAHJA	120	120
6	fem	AADU	150	195	21	male	AAJAE	105	/
7	fem	AAGA	105	225	22	male	AALA	180	90
8	fem	AAMI	97.5	240	23	male	AAMIA	240	165
9	fem	AANUNG	180	210	24	male	AANNO	112.5	122.5
10	fem	AAO	60	210	25	male	AAPI	97.5	120
11	fem	ABOFAN	135	105	26	male	AAPPA	/	120
12	fem	AMICHO	180	135	27	male	AASOE	165	225
13	fem	AMIDI	120	75	28	male	AATE	/	135
14	fem	AMINE	105	120	29	male	AATU	90	90
15	fem	ASOLI	240	82.5	30	male	AMOD	120	75
Median / M		12 (133.9)		150 (159.5)		Median /		116.3 (134.4)	
MAD / SD		26.3 (47.3)		60 (58.7)		MAD /		22.5 (49.1)	
		Gesamt		Median / M		120 (134.1)		121.3 (143.1)	
				MAD / SD		26.3 (47.2)		30 (52.5)	

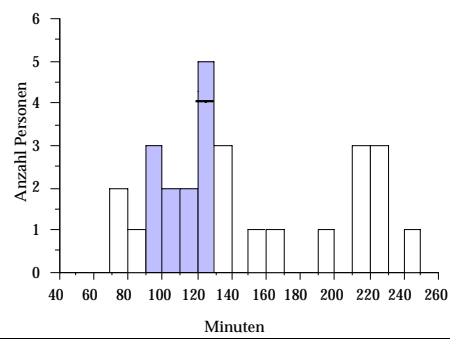
Periodenhistogramm: linke Hand

- peak to peak der Autokorrelationsgipfel



Periodenhistogramm: rechte Hand

- peak to peak der Autokorrelationsgipfel



From (≥)	To (<)	Count
60	70	1
70	80	0
80	90	1
90	100	4
100	110	4
110	120	2
120	130	4
130	140	1
140	150	0
150	160	1
160	170	1
170	180	0
180	190	4
190	200	1
200	210	0
210	220	0
220	230	0
230	240	0
240	250	2
Total		26

From (≥)	To (<)	Count
60	70	0
70	80	2
80	90	1
90	100	3
100	110	2
110	120	2
120	130	5
130	140	3
140	150	0
150	160	1
160	170	1
170	180	0
180	190	0
190	200	1
200	210	0
210	220	3
220	230	3
230	240	0
240	250	1
Total		28

Abb. 63 zeigt die Histogramme für die Periodenintervalle der Leistungsgipfel für beide Händezeitreihen in Minuten. Balken, die innerhalb des BRAC-Zeitbereiches liegen sind farblich herausgehoben.

Die taktilen Diskriminationsleistung der linken Hand oszilliert bei 14 Versuchspersonen (47 %), der insgesamt 30 Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Zwei Personen zeigen kürzere Periodenintervalle (zw. 60 und < 120 Minuten), zehn Personen (33 %) zeigen längere Zyklen (zw. > 120 und 250 Minuten) und vier Personen (13 %) zeigen in der linkshändigen Leistung keine systematischen Schwingungen.

Insgesamt erfährt die 'linke Hand' im Median eine Zyklizität von **121 min. = 2.02 Std. = 11.88 Z/T**;

Dabei oszilliert die taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand bei elf Versuchspersonen (37%) von den insgesamt 30 Personen dieser Gruppe im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Drei Personen (10%) zeigen kürzere Periodenintervalle (zw. 60 und <120 Minuten), 14 Personen (47%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 250 Minuten) und zwei Personen zeigen in der rechtshändigen Leistung keine systematischen Schwingungen.

Insgesamt erfährt die 'rechte Hand' im Median eine Zyklizität von **120 min.= 2 Std.= 12 Z/T**;

Die beiden Verteilungen unterscheiden sich statistisch nicht (Wilcoxon Signed Rank, reHand - liHand: p= .5161; Z= -.649)

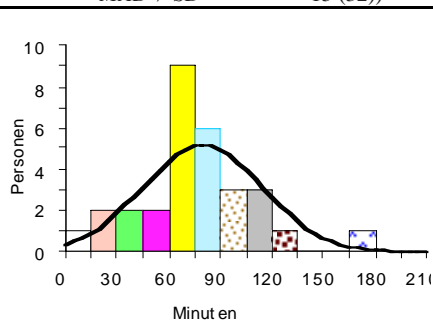
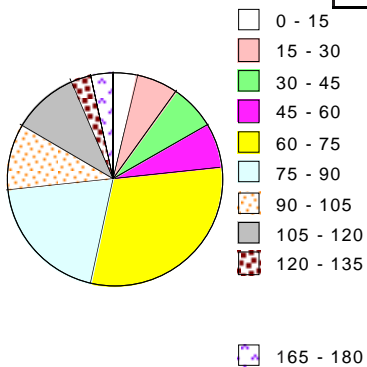
8.2.5.5. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Hand

Alle Personen zeigen für die Kreuzkorrelationen systematischen Zyklen. Bei einer Personen jedoch findet sich die höchste positive Korrelation zum Verschiebungs-Zeitpunkt 0

Tabelle 58: Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen

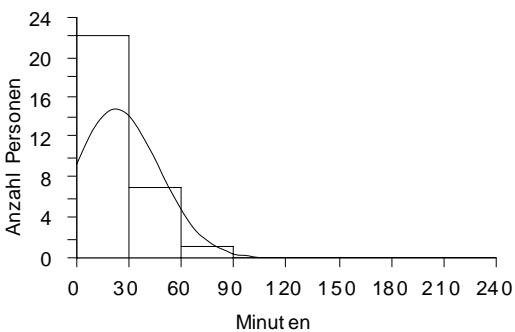
Vpn female			Kreuzkorrelation RH versus LH (Minuten)	Vpn male			Kreuzkorrelation RH versus LH (Minuten)
1	fem	AABIA	67.5	male	AABH1	135	
2	fem	AABMIA	120	male	AABH2	30	
3	fem	AABUH	90	male	AAGO	120	
4	fem	AADIA	75	male	AAHGA	75	
5	fem	AADJA	75	male	AAHJA	70	
6	fem	AADU	105	male	AAJAE	120	
7	fem	AAGA	97.5	male	AALA	82.5	
8	fem	AAMI	80	male	AAMIA	180	
9	fem	AANUNG	30	male	AANNO	60	
10	fem	AAO	80	male	AAPI	67.5	
11	fem	ABOFAN	90	male	AAPPA	45	
12	fem	AMICHO	65	male	AASOE	65	
13	fem	AMIDI	75	male	AATE	82.5	
14	fem	AMINE	60	male	AATU	0	
15	fem	ASOLI	45	male	AMOD	105	
Median / M			75 (77)	Median / M		78.8 (88.4)	75 (82.5) mit der Vpn „AATU“
MAD / SD			15 (22.6))	MAD / SD		22.5 (39.7)	30 (44.6)

Gesamt Median / M 75 (82.5)
MAD / SD 15 (32))



From (>)	To (≤)	Count
0	15	1
15	30	2
30	45	2
45	60	2
60	75	9
75	90	6
90	105	3
105	120	3
120	135	1
135	150	0
150	165	0
165	180	1
180	195	0
195	210	0
Total		30

Abb. 64 Mittelwerte der positiven Maxima-Differenzen für jede Person



From (>)	To (≤)	Count
0	30	22
30	60	7
60	90	1
90	120	0
120	150	0
150	180	0
180	210	0
210	240	0
Total		30

Abb. 65 Zeitdifferenz für jede Person zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum

Nachfolgende Abbildung zeigt nicht mehr wie oben die Differenz zwischen dem Verschiebungspunkt 0 und dem ersten positiven Maximum der Kreuzkorrelationsvariable, sondern (als Histogramm) alle 'Peak-to-Peak' Differenzen zwischen den positiven Maxima.

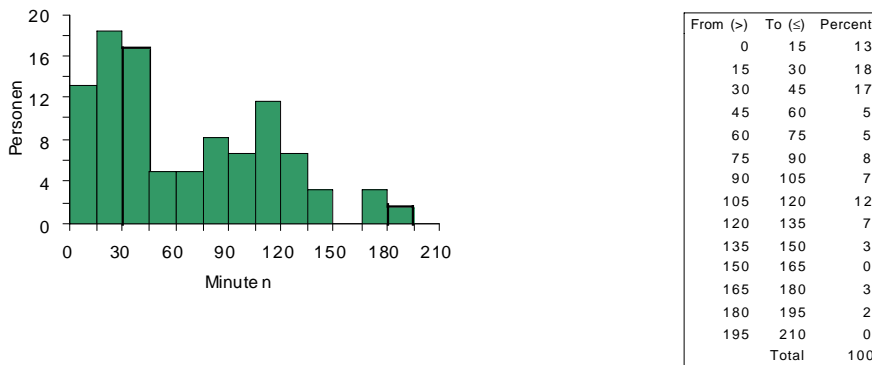


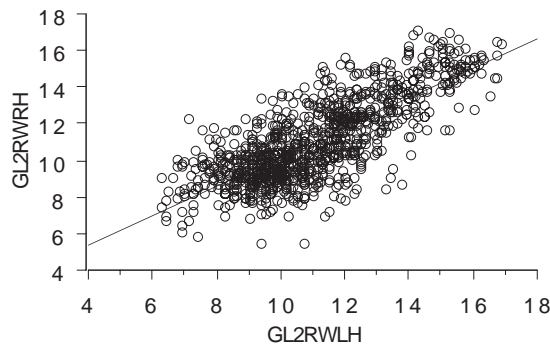
Abb. 66 Alle 'Peak-to-Peak' Differenzen zwischen den Maxima in der Kreuzkorrelationsvariable

Korreliert man die Variablen 'rechte Hand' und 'linke Hand' jeweils um ein Lag versetzt (15 min.) schrittweise miteinander, so kann geprüft werden, nach wievielen Minuten die beiden Variablen wieder mit einem positiven Koeffizienten korrelieren. In unserem Fall wurden die positiven Maxima der Kreuzkorrelationszeitreihe und ihre zeitliche Differenz bestimmt. Dieses Verfahren gibt Auskunft über den periodischen Phasenzusammenhang der beiden Zeitreihen. In dieser Gruppe ist besonders auffällig, daß zehn Personen (37%) zum Verschiebungszeitpunkt 0 ein positives Maximum zeigen. Die Abb. 65 oben zeigt, daß die beiden Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand' bei 37% der Versuchspersonen schon nach einer Verschiebung um weitere ein bis zwei Lags (15-30 Minuten) maximal positiv aufeinander zu liegen kommen. Diese Tendenz kommt auch in der Regressionsanalyse zum Ausdruck.

8.2.5.6. Regressionsanalysen: 'rechte' versus 'linke Hand'

Tabelle 59: Regressionsanalyse zum Verschiebungszeitpunkt 0; (Filter 1);

	Vpn	Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p
1	AABIA	.044	.112	.069	.396	.6945
2	AABMIA	.028	.269	.018	.106	.9163
3	AABUH	-.606	.235	-.432	-2.581	.0152*
4	AADJA	.101	.198	.090	.512	.6118
5	AADJA	.678	.138	.656	4.922	<.0001*
6	AADU	-.033	.184	-.033	-.182	.8570
7	AAGA	-.111	.078	-.239	-1.416	.1662
8	AAMI	.573	.081	.790	7.047	<.0001*
9	AANUNG	.802	.139	.702	5.752	<.0001*
10	AAO	.781	.365	.354	2.142	.0399*
11	ABOFAN	.149	.274	.098	.542	.5920
12	AMICHO	.191	.144	.228	1.324	.1949
13	AMIDI	-.145	.148	-.166	-.979	.3343
14	AMINE	-.686	.213	-.500	-3.219	.0030*
15	ASOLI	-.239	.180	-.235	-1.326	.1949
16	AABH1	.961	.052	.954	18.530	<.0001*
17	AABH2	.405	.076	.696	5.303	<.0001*
18	AAGO	-.143	.176	-.144	-.811	.4233
19	AAHGA	.045	.169	.048	.264	.7932
20	AAHJA	-.345	.118	-.459	-2.919	.0064*
21	AAJAE	.590	.090	.761	6.523	<.0001*
22	AALA	.342	.162	.341	2.112	.0421*
23	AAMIA	.216	.123	.291	1.750	.0895(Trend)
24	AANNO	.962	.302	.484	3.181	.0032*
25	AAPI	.161	.219	.133	.736	.4677
26	AAPPA	-.755	.247	-.465	-3.063	.0043*
27	AASOE	-.132	.276	-.096	-.480	.6356
28	AATE	-.019	.316	-.010	-.060	.9529
29	AATU	.848	.064	.916	13.323	<.0001*
30	AMODSCHU	.579	.061	.852	9.476	<.0001*



$$[r(df\ 1014) = .786, p < .0001]$$

Abb. 67: Regressionsanalyse der Richtignennungen der rechten Hand (GL2RWRH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'rechte Hand') versus derer der linken Hand (GL2RWLH: geglättete Rohwertzeitreihe der Diskriminationsleistung 'linke Hand').

Die Regressionsanalyse der 'rechten Hand' versus 'linke Hand' macht den positiven Zusammenhang zwischen beiden Variablen deutlich. 19 Personen zeigen einen positiven Koeffizienten (bei zwölf Personen signifikant); elf Personen zeigen einen negativen Koeffizienten (vier davon signifikant negativ). Die Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand' verlaufen demnach nicht gegenphasig, sondern eher gleichphasig, d.h. 'rechte' und 'linke Hand' zeigen zu gleichen Zeitabschnitten gute und schlechte Leistungen.

Schon nach einer Verschiebung um weitere zwei Lags (30-60 Minuten) korrelieren weitere 23% positiv. Bei **97% der Personen liegt die zeitliche Distanz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum nicht weiter als eine Stunde auseinander**. Ferner erfährt keine Versuchsperson in der Kreuzkorrelationsvariable ein erstes positives Maximum später als 90 Minuten. Nur 3% dieser Probanden zeigen das erste positive Maximum ihrer Kreuzkorrelationsvariable innerhalb des Frequenzbereiches des BRAC (90-120 Minuten).

Das anschließende Histogramm (Abb. 66) zeigt nun alle Zeitdifferenzen zwischen den positiven Maxima in den Kreuzkorrelations-Zeitreihen der Versuchspersonen. Hier fällt auf, daß eine große Anzahl der positiven Maxima-Differenzen in den Zeitbereich bis 60 Minuten fällt (48%) und die nächste Häufung von Maxima im Bereich zwischen 75 und 120 Minuten liegt (27%).

Bei 73% der Akha ereignet sich der Interhemisphärische Leistungswechsel im Frequenzbereich bis 90 Minuten (M). Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) liegen nur 20%. 7% zeigen längere Perioden in ihrer Kreuzkorrelationsvariable.

Der von der ('erweiterten'= 80-120 Minuten) BRAC-Hypothese postulierte Interhemisphärische Seitenumschwung bestätigt sich damit mit einer mittleren Frequenz von 82.5 Minuten (Median 75 min.) = 1.4 Stunden = 17.5 Z/T.

Frauen zeigen sich in ihren Leistungswechsel zwischen den Seiten im Mittel um elf Minuten schneller als die Männer.

8.2.5.7. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Zeitreihen RH und LH

Tabelle 60: Versuchspersonen der Gruppe Akha, die signifikante lineare und quadratische Niveauveränderungen in den Zeitreihen der rechten Hand aufweisen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.4820	.138	1.820	3.498	.0015	AABH1
-.3920	.195	-1.435	-2.013	.0535	AALA(Trend)
.4040	.206	1.360	1.964	.0599	AAO(Trend)
-.6010	.182	-2.191	-3.300	.0029	AAPI
.5240	.163	1.639	3.222	.0031	AATU
.4830	.199	1.682	2.433	.0214	AMODSCHU
.5590	.163	2.147	3.421	.0019	AABMIA
.4100	.203	1.549	2.026	.0535	ABOFAN(Trend)

Quadratischer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
-.0090	.004	-1.179	-2.266	.0311	AABH1
.0100	.006	1.278	1.793	.0834	AALA(Trend)
.0090	.005	.860	1.727	.0951	AANNO(Trend)
.0170	.006	1.845	2.779	.0102	AAPI
-.0090	.005	-.957	-1.881	.0700	AATU(Trend)
-.0150	.006	-1.770	-2.561	.0159	AMOSCHU
-.0140	.005	-1.843	-2.936	.0064	AABMIA
-.0140	.007	-1.599	-2.091	.0468	ABOFAN

Die Tabelle bildet für sechs Personen der Gruppe lineare, signifikant steigende Trends in den Zeitreihen der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hände ab. Für zwei Person ergibt sich eine signifikant sinkende Leistung über die gemessene Zeit. Für fünf Personen zeigen sich signifikante negativ quadratische Trends, für wiederum drei weitere Personen ein positiver quadratischer Trend

Tabelle 61: Versuchspersonen der Gruppe *Akha*, die signifikante lineare und quadratische Niveauveränderungen in den Zeitreihen der linken Hand aufweisen.

Linearer Trend

Koeffizient	Std. Error	Std.Coeff	t-Value	p	Name
.4180	.123	1.616	3.389	.0020	AABH1
-.466	.243	-1.476	-1.914	.0672	AAHGA(Trend)
-.31	.182	-1.243	-1.703	.0993	AALA (Trend)
.2750	.126	1.500	2.183	.0373	AAPPA
.5470	.205	1.823	2.666	.0124	AMODSCHU
.4410	.192	1.468	2.296	.0297	AADJA
.2880	.167	1.218	1.720	.0977	AADU(Trend)
-0.407	.207	-1.424	-1.968	.0595	AMICHO (Trend)

Quadratischer Trend

-.007	.004	-.890	-1.867	.0721	AABH1(Trend)
.0150	.007	1.506	2.208	.0363	AAGO
.0160	.008	1.516	1.966	.0605	AAHGA (Trend)
.0090	.005	1.242	1.701	.0996	AALA (Trend)
-.009	.004	-1.706	-2.484	.0190	AAPPA
-.0150	.006	-1.678	-2.455	.0203	AMODSCHU
-.013	.006	-1.611	-2.275	.0317	AADU
.0140	.006	1.614	2.230	.0343	AMICHO

Tabelle 62 Anordnung der Personen dieser Gruppe nach: negativem Regressions-Koeffizienten ($r \leq -.003$), keinem quadratischen Trend und positivem Regressions-Koeffizienten ($r \geq .003$).

'linke Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$	'rechte Hand'	$r \leq -.003$	kein quad. Trend	$r \geq .003$
fem		AABMIA	fem	AABMIA*			
fem		AABUH	fem			AABUH	
fem		AADIJA	fem		AADIJA		
fem	AADJA		fem			AADJA	
fem	AADU*		fem	AADU			
fem		AAGA	fem		AAGA		
fem		AAMI	fem			AAMI	
fem		AANUNG	fem	AANUNG			
fem		AAO	fem	AAO			
fem		ABOFAN	fem	ABOFAN*			
fem		AMICHO*	fem		AMICHO		
fem		AMIDI	fem	AMIDI			
fem	AMINE		fem			AMINE	
fem		ASOLI	fem			ASOLI	
male	AABH1*		male	AABH1*			
male		AABH2	male		AABH2		
male		AAGO*	male		AAGO		
male		AAHGA*(Trend)	male			AAHGA	
male		AAHJA	male			AAHJA	
male	AAJAE		male		AAJAE		
male		AALA*(Trend)	male			AALA*(Trend)	
male	AAMIA		male	AAMIA			
male		AANNO	male			AANNO*(Trend)	
male		AAPI	male			AAPI*	
male	AAPPA*		male			AAPPA	
male	AASOE		male			AASOE	
male	AATE		male	AATE			
male		AATU	male	AATU*(Trend)			
male	AMOD*		male	AMOD*			

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'rechte Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Akha* zeigen zwölf Personen (40%) **einen negativen quadratischen Verlauf**: $r \leq -.003$ (sieben Frauen und fünf Männer) der Zeitreihen, sechs Personen keine Schwankungen (drei Frauen und drei Männer) im circadianen Zeitbereich und zwölf Personen (40%) **einen langsamen positiven Verlauf**: $r \geq .003$ (fünf Frauen, sieben Männer). **20% zeigen keine solchen** Schwankungen in der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand.

Sechs Personen aus dieser Gruppe (20%) zeigen eine signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, fünf davon bei gleichzeitig signifikant negativem circadianem Trend. Zwei Männer aus dieser Gruppe (7%) zeigen sogar eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'rechte Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig signifikant positivem quadratischen Trend.

Niederfrequente Schwankungen in der Variable 'linke Hand', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Akha* zeigen zehn Personen (33%) **einen langsamen negativen Verlauf**: $r \leq -.003$, (drei Frauen und sieben Männer) der Zeitreihen, sieben Personen keine solchen quadratischen Schwankungen (fünf Frauen und zwei Männer), und 13 Personen (sieben Frauen und sechs Männer) (43%) **einen langsamen positiven Verlauf**: $r \geq .003$. Damit bleiben **23% ohne quadratische** Schwankungen in der taktilen Diskriminationsleistung der linken Hand. Fünf Personen aus dieser Gruppe, zeigen eine signifikant sinkende Fehlerzahl für die 'linke Hand' im Laufe des Tages; vier davon bei gleichzeitig negativ circadianem Trend. Drei Probanden (10%) zeigen sogar eine signifikant steigende Fehlerzahl für die 'linke Hand' im Laufe des Tages, bei gleichzeitig signifikant positivem Verlauf im circadianen Zeitbereich.

8.2.5.7.1. Zusammenfassung und Diskussion

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können auch hier als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Es gilt allerdings die Einschränkung, daß diese Bezeichnung nicht mehr als eine naheliegende Interpretation ist, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin.

In der taktilen Diskriminationsleistung der rechten Hand erfährt die Mehrheit der Versuchspersonen einen circadianen Verlauf. Mit gleicher Anzahl für negative und positive Trends. In der 'linken Hand' gibt es einen prozentalen Überhang für eine positive circadiane Rhythmizität.

Fünf Personen welche von einem negativen circadianen Einfluß der rechten Hand zeugen, unterliegen diesem auch mit der 'linken Hand' (17%). Sechs weitere Personen zeigen eine positive circadiane Schwingung in der rechten Hand sowie in der 'linken Hand' (20%). Sowohl die 'rechte', als auch die 'linke Hand' unterliegen damit parallel einem circadianen Einfluß. Bei manchen Personen verhalten sich die circadianen Leistungskurven gegenläufig. Vier Personen zeigen links eine negative Circadianrhythmik und rechts eine positive, für drei Personen gilt umgekehrt, daß sie 'rechts' eine negative Circadianrhythmik und 'links' eine positive aufweisen.

Im Gegensatz zur Gruppe *Labor*, welche den Tag über ohne kognitive Anforderung blieb und bei der ein hoher Prozentsatz der Versuchspersonen keine circadianen Schwankungen aufweist, und der Gruppe *Orientierung*, bei welcher die 'linke Hand' mehrheitlich eine negative Tageszyklizität aufweist, ferner zu den Gruppen *Massai*, *Dichotisches Hören* und *Walking*, bei welchen hauptsächlich die 'rechte Hand' von einer positiven Tageszyklizität betroffen ist, unterliegt hier die 'linke Hand' einem positiven quadratischen Trend. *Labor*gruppe, dichotische Hörgruppe wie auch *Walking*-Gruppe sind linksseitig kaum von circadianen Schwankungen betroffen. Die Gruppe *Massai* erfährt für beide 'Hände' überwiegend negative Circadianperioden, mit höherem Prozentsatz noch in der rechten Hand. Die *Akha* dagegen zeigen relative Gleichverteilung zwischen den positiven und negativen circadianen Schwankungen in beiden 'Händen'.

Für zwei Probanden der Gruppe *Akha* tritt eine Leistungsverbesserung für beide 'Hände' im Laufe des Tages ein. Neben ultradianen und circadianen Fluktuationen, welche physiologisch bedingt sind, findet sich kein Anzeichen dafür, daß die anderen Probanden die Braille-Zeichen im Laufe der Tage besser diskriminieren lernen. Offenbar ist eine Kodierung der sinnfreien Punktmuster nicht möglich. Vielmehr wird auch nach mehrstündiger Darbietung das taktile Diskriminationsergebnis 'naiv' wiedergegeben. Fünf Personen zeigen lateralisiert einen signifikanten Leistungsabfall über die Zeit. Gegen einen Lerneffekt sprechen auch diese Verschlechterungen in den folgenden Stunden.

9) Ultradiane Rhythmen der Befindlichkeit (Studie II, IV, V)

"Many of the structures responsible for the rhythms of the body also produce emotion"

(Bloom und Lazerson, 1985)

9.1. Theoretische Ausgangsüberlegungen

Basierend auf der Annahme, daß im Hirnstamm die biologischen Rhythmen generiert werden und vermutlich dort im Hypothalamus die wichtigsten Schrittmacher ihren Sitz haben, zudem gleichzeitig schon 1927 der Thalamus und Hypothalamus, sowie die Reticular Formation (locus coeruleus (Norepinephrine), die Substantia Nigra (Dopamin) und das Limbische System als zentrale Strukturen, verantwortlich für die Regulation und Vermittlung von Emotionen angesehen wurden (Cannon, 1927; Bard, 1934; Papez, 1937), zeigt, daß es auffallende anatomische Gemeinsamkeiten für die Generierung von biologischen Rhythmen und die Verarbeitung von Emotionen gibt. Diese Kenntnis legt den Schluß nahe, daß auch das emotionale Befinden ultradianen Rhythmen unterliegt, oder zumindest dem oszillierenden Arousal-Status des Gehirns. Das Arousal der linken Hemisphäre scheint im Zusammenhang zu stehen mit der emotionalen Impulskontrolle. Bei Läsionen des linken Thalamus sind Projektionen, zuständig für das Arousal des linken Kortex, unterbrochen (Riklan und Levita, 1964, 1965). Dazu Tucker (1981, S.41): *"..disruption of unilateral arousal processes produces a characteristic affective state and simultaneously exerts a specific modulatory influence on the person's cognitive processing. This influence is asymmetrical and disrupts the balance between the two hemispheres' contribution...the operation of lateralized arousal process seems to produce the experience of a particular emotional state...emotions arise from the operation of basic neural arousal processes."*

Allerdings, so wurde lange Zeit angenommen, sei Befindlichkeit ein Zustand mit einer Periodenlänge von einem bis hin zu mehreren Tagen (Wolpert, 1990). Daß das Befinden circadianen Schwankungen unterliegt, wurde in der klinischen Literatur oftmals gezeigt (Stallone et al., 1973; Tolle und Goetze, 1987; Healy, 1987).

Ultradiane Variationen der Emotionen wurden erstmalig 1981 von Tsuji und Mitarbeitern anhand der 'Novalis Mood Activation Check List' gefunden und auf einer Tagung erwähnt. Sie fanden einen, wie sie ihn nannten, 'Mood-Zyklus' im Frequenzbereich von 4-6 Stunden bei gesunden Männern, also deutlich kürzer als circadian.

Auch wenn es Hinweise auf Befindlichkeitsänderung in Perioden von mehreren Tagen, und Berichte über circadiane Schwankungen der Befindlichkeit bei Depression gab, so wurden doch den Befindlichkeits-Schwankungen innerhalb eines Tages relativ wenig Beachtung geschenkt. Erst Hall et al. (1991) griffen zehn Jahre später diese Fragestellung erneut auf.

Die Autoren operationalisierten Befindlichkeits-Schwankungen bei neun depressiven (DSM-III-R Diagnose) und neun nicht-depressiven Patienten über stündliche Selbstauskünfte mit Hilfe der 'Visual Analogue Mood Scale' (Folstein, 1973) über einen Zeitraum von zwölf Stunden. Hall et al. fanden keinen starken Frequenzunterschied in den ultradianen Perioden zwischen den Gruppen (nicht-depressive Personen wiesen eine Zykluslänge von 5,3 Std. auf; depressive Patienten von 4,7 Std.). Es konnte aber ein signifikanter Amplituden-Unterschied und damit eine höhere Stimmungsvariabilität in depressiven Personen nachgewiesen werden. Die Zykluslängen von 4-8 Std. bei gesunden Versuchspersonen stimmt mit den Befunden von Tsuji et al. (1981) von 4-6 Std. überein.

Desweiteren gibt es eine bemerkenswerte Menge von Literatur zur Hemisphären Spezialisierung und Emotionen.

Emotion und lateralisierte Aktivierung des Gehirns

Eine große Anzahl von Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß die rechte Hemisphäre von besonderer Bedeutung für das Verstehen und die Kommunikation von Emotionen sei und generell überlegen, in der Verarbeitung und Kontrolle von Emotionen, unabhängig von deren Valenz (Tucker, 1981).

Die rechte Hemisphäre, so wird angenommen, hat im Gegensatz zur linken, eine spezielle Beziehung zu subcorticalen Strukturen, welche wichtig für Arousal und Aktivierung sind: *"In contrast to the right hemisphere's role in emotion, the left hemisphere may seem nonemotional"* (Tucker, 1981, S. 40).

Gainotti (1983, 1989) fand, daß Patienten mit rechtshemisphärischer Läsion weniger emotionalen (Gesichts-) Ausdruck zeigen (vgl. Buck und Duffy, 1980). So weist auch das linke visuelle Halbfeld einen Vorteil in der Erkennung von nega-

tiven und positiven Emotionen auf (Ley, 1978; Ley und Bryden, 1979) und es zeigt sich ein Linksohrvorteil für das Erkennen der gesprochenen Gefühlsqualität (Ley und Bryden, 1982). Auch beim ISA-Test, der Injektion von Natrium Amobarbital in die rechte Karotis, tritt dieser Unterschied auf: Die empfundene emotionale Qualität (des dargebotenen Gesichtsausdrucks) ändert sich bei linksseitiger Injektion nicht im Vergleich zum Normalzustand. Erst eine Injektion in die rechte Karotis und damit eine Lähmung der rechten Hemisphäre, senkt die empfundene emotionale Intensität für positive und negative Valenzen (Ahern et al., 1991). Auch lateralisiert dargebotene Filmsequenzen positiver und negativer Valenz werden von der rechten Hemisphäre mit deutlich stärkerem emotionalem Arousal (emotionaler Intensität) beantwortet (Wittling und Roschmann, 1993). Die generelle rechtshemisphärische Überlegenheit bei affektivem Material erklärt eine stärkere Mobilität der linken Gesichtshälfte beim emotionalen Ausdruck (Cevey, 1984). Befunde zeigten, daß Patienten mit rechtshemisphärischer Störung Schwierigkeiten haben, die üblichen Hinweisreize für Gefühle wahrzunehmen. Auch an gesunden Versuchspersonen konnte die Bedeutung der rechten Hemisphäre für die Wahrnehmung von Emotionen belegt werden. Bei tachistoskopischer Darbietung von Cartoonmännchen mit 5 wechselnden, mimischen Ausdrücken - von extrem positiv bis hin zu extrem negativ - zeigte sich eine Wahrnehmungsüberlegenheit der rechten Hemisphäre (Ley und Bryden, 1979).

Schließlich wiesen Forschungsergebnisse auf einen Zusammenhang zwischen der Valenz und den Hemisphären hin.

Als Dimond et al. (1976) jeweils im visuellen Halbfeld Filmsequenzen darboten, fanden sie, daß dem linken Halbfeld dargebotene Filme negativer bewertet wurden, als die, dem rechten Halbfeld dargebotenen. Die Autoren folgerten, daß die rechte Hemisphäre eintreffende Stimuli negativ affektiv bewertet (Dimond, Farrington, Johnson, 1976).

Obwohl heute allgemein anerkannt ist, daß keine umschriebene zentralnervöse Struktur für eine psychische Funktion allein verantwortlich sein kann (Luria, 1970; Hecaen und Albert, 1978), weisen doch einige Befunde auf den Zusammenhang von Befindlichkeit, emotionalem Verhalten und lateralisierter Aktivierung des Gehirns hin.

Untersucht wurden etwa emotionale Veränderungen nach Hemisphärenverletzungen. Bei linkshemisphärischen Schädigungen wird überwiegend von dysphorischen Reaktionen, wie Wut, Trauer und Hoffnungslosigkeit berichtet, bei rechtshemisphärischen Verletzungen dagegen von indifferenten (Gleichgültigkeit) oder euphorischen Reaktionen (Gainotti, 1969). Extreme emotionale Reaktionen derselben Zuordnung sind auch beim Wada-Test festgestellt worden (Terzian, 1964). Obwohl die Ergebnisse diese Zusammenhänge nicht konsistent aufweisen, lassen die Befunde doch den Schluß zu, daß sich die beiden Seiten des Gehirn bezüglich der von ihnen unterstützten emotionalen Zustände unterscheiden (Springer und Deutsch, 1993).

Ob es sich dabei um die Erregung innerhalb der Hemisphäre handelt, oder um eine 'überschießende' Erregung der anderen Hemisphäre, aufgrund des Ausfalles der inhibitorischen Funktion der einen Hälfte, ist nicht geklärt. Voraussetzung für Letzteres wäre ein grundsätzlich inhibitorischer Einfluß der beiden Hemisphären aufeinander, um einen ausgeglichenen emotionalen Zustand zu gewährleisten.

Aus all dem ergibt sich, daß die linke Seite des Gehirns gewöhnlich positive, euphorische Emotionen unterstützt, während die rechte Seite für negative, dysphorische Emotionen zuständig ist. Im Normalfall würden dann beide Seiten durch ihre gegenseitige Hemmung ein Gleichgewicht der emotionalen Befindlichkeit aufrechterhalten (Sackheim, Gur, Saucy, 1982).

Allerdings gibt es auch gegensätzliche Interpretationen, welche Hemisphäre zu welcher Valenz beiträgt (vgl. Tucker, 1981). So haben einige Forscher nachgewiesen, daß die linke Hemisphäre bei affektiven Störungen nicht etwa zu einer positiven Valenz beiträgt, sondern vielmehr mit Angstsymptomen assoziiert ist (Perris und Monakhov, 1979; Perris et al., 1978). Tucker et al. (1978) fanden, daß Angst/Ängstlichkeit/Besorgnis/Unruhe, im Zusammenhang steht mit linkshemisphärischer Aktivierung und Verarbeitung. Bei Personen mit ausgeprägter Ängstlichkeit, erscheint die linke Hemisphäre deutlich aktiviert.

Die erhöhte Aktivität der linken Hemisphäre, zu solchen Zeitpunkten, erklärt sich womöglich auch als kognitiv-analytische Bearbeitung der aversiven Stimuli. Kognitives Umgehen mit physiologischem Arousal führt zu vermehrter linkshemisphärischer Aktivität, trotz negativer Valenz (Tucker, 1981).

Die Leistungsfähigkeit der rechten Hemisphäre ist zudem von der individuellen Stimmung abhängig. Eine Dysfunktion der rechten Hemisphäre, welche mit ECT frontal und temporal behoben werden konnte, wurde spezifisch bei depressiven Patienten gefunden (Goldstein et al., 1977) und verbessert sich proportional zur Besserung der depressiven Erkrankung (Kronfol et al., 1978). Kushnir et al. (1980) konnten zeigen, daß in manischen Phasen ein rechts-hemisphärischer Test von einer als manisch-depressiv diagnostizierten Patientin besser geleistet werden konnte, als während depressiver Phasen. Die Autoren gehen von einem Zusammenhang zwischen dem Wechsel in der Befindlichkeit und dem Wechsel im Arousalniveau der rechten Hemisphäre aus.

Wenn die beiden Hemisphären spezialisiert sind auf verschiedene emotionale Valenzen, dann wirkt sich der Einfluß der lateralisierten Arousalssysteme auf die Hemisphären und deren Interaktion auf das emotionale Erleben und auf kognitive Konzepte aus.

„..the right hemisphere’s optimal cognitive function is dependent on an appropriate mood level, which in turn must be supported by specific neurophysiological arousal processes” (Tucker, 1981, S.39). Offensichtlich hängt die Hemisphärenleistung ebenso von einer angemessenen Befindlichkeit ab, wie umgekehrt, die wahrgenommene Befindlichkeit vom Erregungsniveau der Hemisphäre.

Tucker (1981) folgert, daß sich Fluktuationen in der emotionalen Stimmung/Befindlichkeit auch bei gesunden Personen auf die Leistungsfähigkeit der rechten Hemisphäre auswirken. Er kommt zu der Annahme, **daß die affektiven Wechsel im Befinden der Person, den ipsilateralen Arousal-Prozeß widerspiegeln.**

9.2. Hypothesen

Wenn nun die rechte Hemisphäre eine emotionale Wahrnehmungsüberlegenheit aufweist, oder die Hemisphären für bestimmte Emotionen zuständig sind, und Oszillatoren die Hemisphären im ultradianen Zeitbereich aktivieren, so müßte die emotionale Befindlichkeit bestimmte, parallele Schwankungen im Zusammenhang mit dem Phasenverlauf der lateralisierten Aktivitätszyklen der Hemisphären zeigen. Entweder in der Form, daß die emotionale Wahrnehmung im Zusammenhang mit der Aktivierung der rechten Hemisphäre schwankt oder, daß bei Aktivierung der rechten Hemisphäre das negative Befinden und bei Aktivierung der linken das positive ansteigt.

1. Die Haupthypothese postuliert, daß die emotionale Befindlichkeit in den drei relevanten Dimensionen subjektiven Erlebens (Valenz, Dominanz und Arousal) ultradianen Schwankungen unterliegt.

Der rechten Hemisphäre wird eine generelle Überlegenheit in der Verarbeitung und Kontrolle von Emotionen zugesprochen, unabhängig von deren Valenz. Wenn Oszillatoren die Hemisphären im ultradianen Zeitbereich aktivieren, so müßte die emotionale Befindlichkeit im Zusammenhang mit dem Phasenverlauf der lateralisierten Aktivitätszyklen der Hemisphären schwanken.

2. Die Teilhypothese besagt, daß die emotionale Befindlichkeit parallel zum Phasenverlauf der lateralisierten Aktivitätsschwankungen schwankt.

9.3. Methode

Ausgehend von dieser Annahme, wurde in einem letzten Teil der Studie die Selbsteinschätzung der emotionalen Befindlichkeit der Probanden über den Tag mit einem graphischen, sprachfreien Beurteilungsverfahren vorgenommen.

Ausgehend von den drei relevanten Dimensionen subjektiven Erlebens (Hamm und Vaitl, 1993) konstruierte Lang (1980) das sogenannte Self-Assessment-Manikin, welches direkt die Ausprägungen auf den drei Dimensionen Valenz, Erregung und Dominanz erfaßt. Während Valenz und Erregung als konsistent identifizierbare Basisdimensionen emotionalen Erlebens bezeichnet werden können (vgl. Russel, 1979) scheint das Dominanzempfinden eher mit den Gründen/Ursachen bzw. Konsequenzen von Emotionen, als mit den Emotionen selbst in Verbindung zu stehen (Russel, 1980).

Die Probanden wurden instruiert ihren subjektiven Gefühlseindruck viertelstündlich mit einem Kreuz auf den entsprechenden Figuren einzustufen woraus sich eine fünfstufige Skala ergibt, die in nachfolgender Abbildung dargestellt ist.

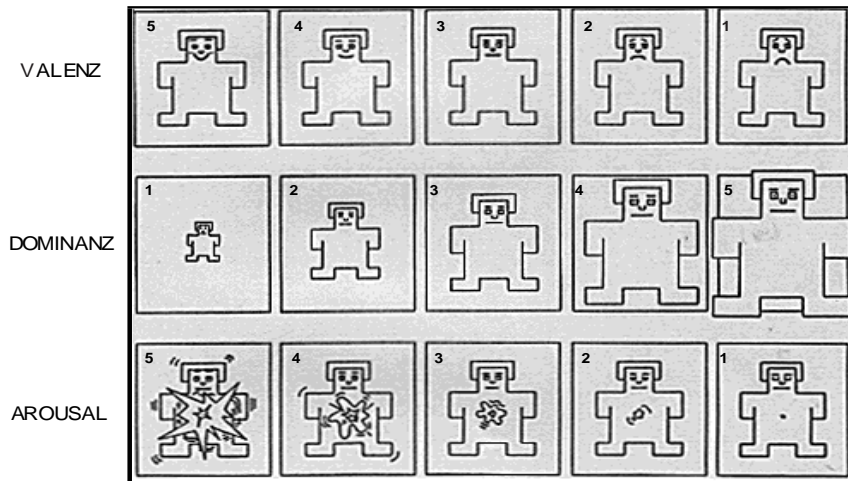


Abb. 68: Die Valenzdimension wird dadurch repräsentiert, daß SAM (Self Assessment Manikin) seinen Gesichtsausdruck von einem Lächeln ("angenehm") zu einem trübsinnigen Ausdruck ("unangenehm") verändert. Die Dominanzdimension ("dominant vs. submissiv") ist über die Zunahme bzw. Abnahme der Größe der Figur repräsentiert. Bei der Darstellung der Erregungsdimension ist die Bauchregion mit Zacken und Punkten versehen, die an Zahl und Größe abnehmen, je weniger Erregung ausgedrückt werden soll. Gleichzeitig verändert sich die Augenpartie von weit geöffneten ("erregt/aufgeregt") bis hin zu geschlossenen Augen ("ruhig")

9.4. Datenverarbeitung:

Die sich aus dem viertelstündlich anzukreuzenden Befindlichkeitsfragebogen ergebenden Skalenwerte zwischen 1-5 der drei verschiedenen Ebenen 'Valenz', 'Dominanz' und 'Arousal' wurden, analog der Richtignennungen im taktilen Test, als Funktion der Tageszeit abgetragen und derselben Zeitreihenanalyse unterzogen (vgl. in Kapitel 3: Datenerhebung und Datenauswertung).

9.5. Ergebnisse

9.5.1. Wellenfeld-Diagramme und Frequenzhäufigkeiten ultradianer Oszillationen der Befindlichkeitsdimensionen

Nachfolgende Abbildung stellt das Schwanken der Zeitreihe 'Valenz' um den je individuellen Mittelwert jeder Person dar.

Abb. 69: Wellenfeld: Befindlichkeitsebene 'Valenz' der Gruppe *Dichotisches Hören*

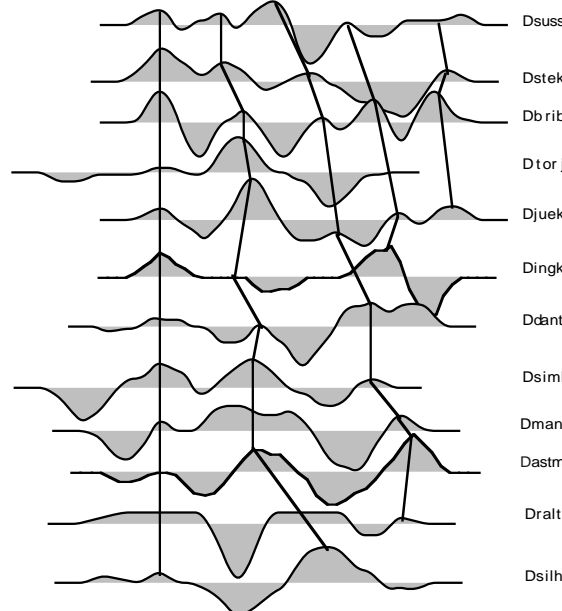
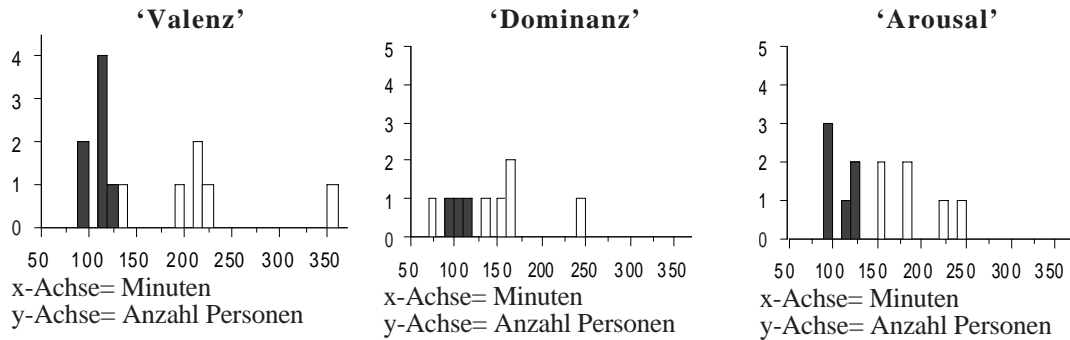


Tabelle 63: Frequenzen der Befindlichkeitsschwankungen in Minuten

	Versuchsperson	'Valenz'	'Dominanz'	'Arousal'
1	fem DASTM	210.0	/	/
2	fem DBRIB	112.5	75.0	180.0
3	fem DDANT	135.0	240.0	150.0
4	fem DMANL	112.5	/	150.0
5	fem DSILH	210.0	105.0	90.0
6	fem DSIML	195.0	/	120.0
7	fem DSUSS	97.5	90.0	120.0

Versuchsperson			'Valenz'	'Dominanz'	'Arousal'
Median / M			135 (153)	97.5 (127.5)	135(135)
MAD / SD			37.5 (49.9)	15 (76)	15(31.5)
8	male	DINGK	360.0	112.5	97.5
9	male	DJUEK	120.0	165.0	225.0
10	male	DNORM	90.0	150.0	90.0
11	male	DPAUP	/	/	112.5
12	male	DRALT	225.0	135.0	240.0
13	male	DSTEK	112.5	/	/
14	male	DTORJ	110.0	165.0	180.0
Median / M			116.3 (169.6)	150 (145.5)	146.3 (157.5)
MAD / SD			16.3 (104.8)	15 (22.2)	52.5 (66.4)
Gesamt	Median / M		120 (160.8)	135 (137.5)	135 (146.3)
	MAD / SD		22.5 (76.8)	30 (50)	41.3(50.9)



Sieben Personen (50%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Eine Person erfährt keine systematischen Schwankungen

Drei Personen (21%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Fünf Personen zeigen keine systematischen Schwankungen

Sechs Personen (43%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Zwei Personen zeigen keine systematischen Schwankungen

Nachfolgende Abbildung stellt das Schwanken der Zeitreihe 'Valenz' um den je individuellen Mittelwert jeder Person dar.

Abb. 70 Wellenfeld: Befindlichkeitsebene 'Valenz' der Gruppe Orientierung

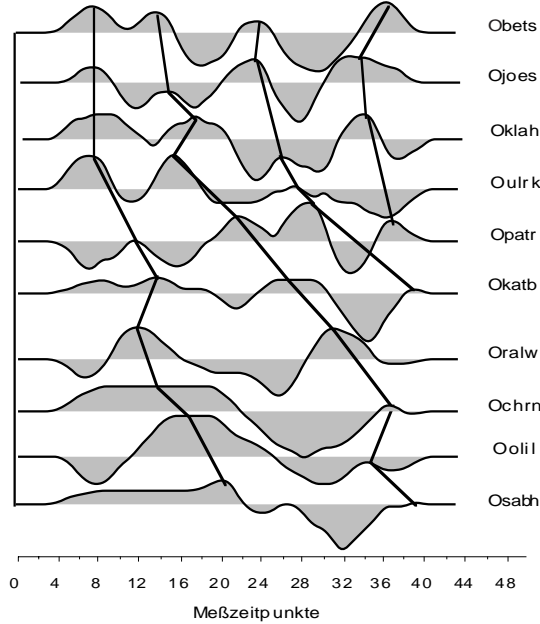
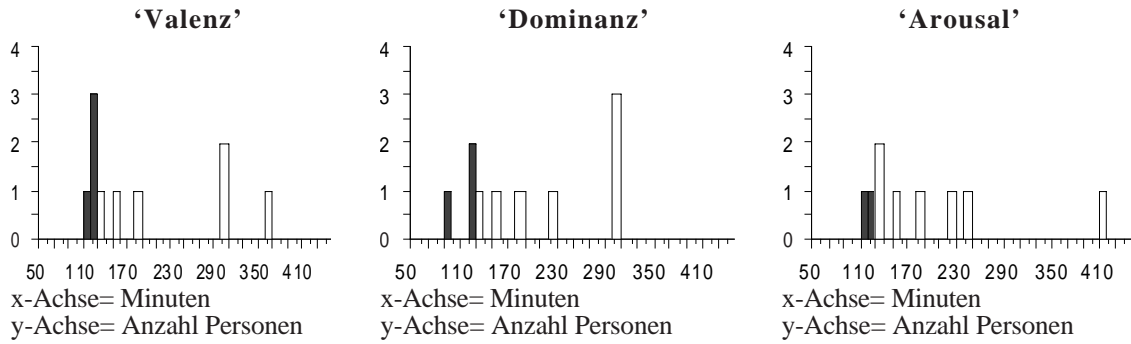


Tabelle 64: Frequenzen der Befindlichkeitsschwankungen in Minuten

Versuchsperson			'Valenz'	'Dominanz'	'Arousal'
1	fem	OBETS	150.0	180.0	150.0
2	fem	OCHRN	360.0	300.0	135.0
3	fem	OKATB	180.0	97.5	112.5
4	fem	OPATR	120.0	150.0	120.0
5	fem	OSTRE	112.5	120.0	135.0
6	fem	OULRK	135.0	135.0	•
Median / M			142.5 (176.3)	142.5 (163.8)	135 (130.5)
MAD / SD			26 (93)	30 (72.3)	15(14.6)
7	male	OJOES	120.0	225.0	225.0
8	male	OKLAH	120.0	120.0	180.0
9	male	OOLIL	300.0	300.0	420.0
10	male	ORALW	300.0	300.0	240.0

Versuchsperson	‘Valenz’	‘Dominanz’	‘Arousal’
Median / M	210 (210)	262.5 (236.3)	232.5 (266.3)
MAD / SD	90 (103.9)	37.5 (85)	30 (105.6)
Gesamt	Median / M	142.5 (189.8)	165 (192.8)
	MAD / SD	26.3 (93.4)	30 (97)



Vier Personen (40%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Alle Personen zeigen systematische Schwankungen

Drei Personen (30%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Alle Personen zeigen systematische Schwankungen

Zwei Personen (20%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Eine Person erfährt keine systematischen Schwankungen

Nachfolgende Abbildung stellt - synchronisiert auf die erste Hochphase - das Schwanken der Zeitreihe ‘Valenz’ um den je individuellen Mittelwert jeder Person dar.

Abb. 71: Wellenfeld: Befindlichkeitsebene ‘Valenz’ der Gruppe Akha

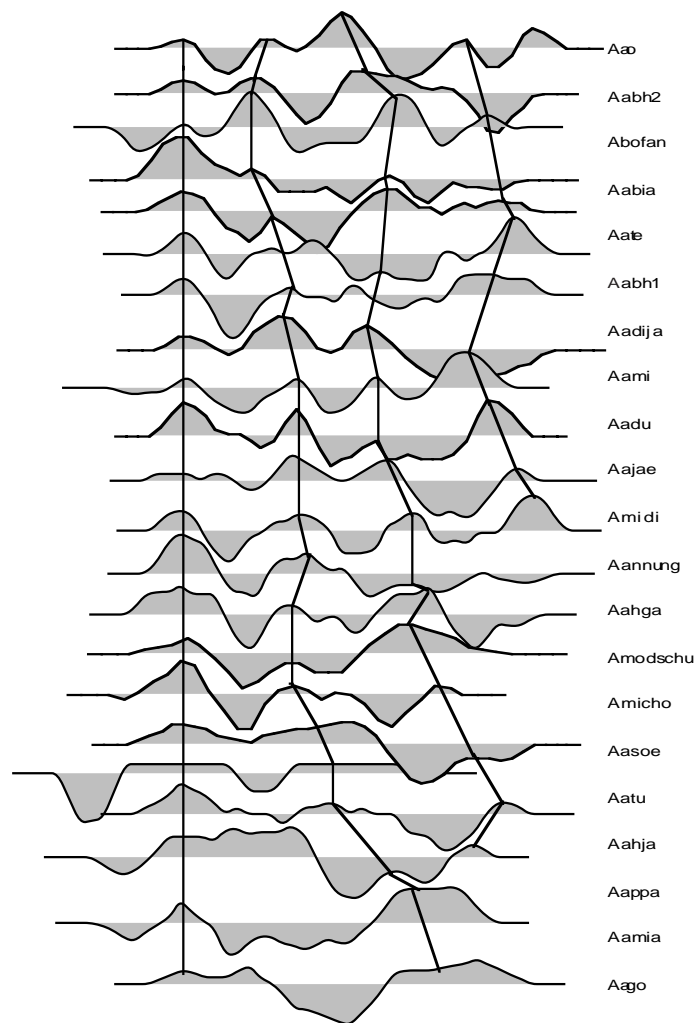
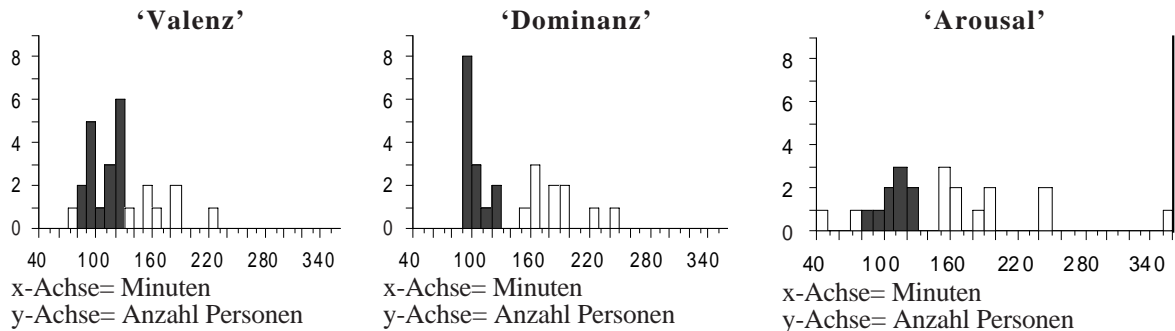


Tabelle 65: Frequenzen der Befindlichkeitsschwankungen in Minuten

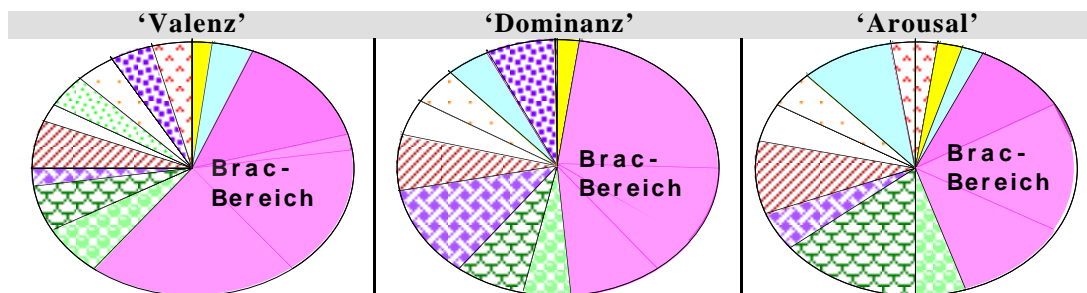
	Versuchsperson	'Valenz'	'Dominanz'	'Arousal'
1	fem AABIA	120.0	150.0	240.0
2	fem AADIJA	72.0	105.0	97.5
3	fem AADJA	105.0	105.0	105.0
4	fem AADU	112.5	/	/
5	fem AAMI	120.0	165.0	240.0
6	fem AANUNG	150.0	112.5	112.5
7	fem AAO	120.0	120.0	360.0
8	fem ABOFAN	82.5	97.5	75.0
9	fem AMICHO	112.5	97.5	/
10	fem AMIDI	135.0	180.0	40.0
11	fem ASOLI	97.5	225.0	/
Median / M		112.5	116.3 (135.7)	108.8
MAD / SD		7.5 (22.1)	18.6 (43)	51.3 (109.3)
12	m AABH1	90.0	240.0	120.0
13	m AABH2	180.0	120.0	120.0
14	m AAGO	97.5	180.0	195.0
15	m AAHGA	120.0	97.5	150.0
16	m AAHJA	112.5	90.0	105.0
17	m AAJAE	90.0	105.0	150.0
18	m AALA	82.5	90.0	195.0
19	m AAMIA	90.0	90.0	165.0
20	m AANNO	/	90.0	112.5
21	m AAPI	180.0	195.0	150.0
22	m AAPP	120.0	97.5	82.5
23	m AASOE	165.0	/	165.0
24	m AATE	120.0	165.0	110.0
25	m AATU	225.0	165.0	180.0
26	m AMODSCHU	150.0	195.0	/
Median / M		120 (130)	112.5 (137)	150 (142.9)
MAD / SD		30 (43.3)	22.5 (51.2)	30 (35.2)
Gesamt	Median / M	120 (122)	116.3 (136.6)	135 (148.6)
	MAD / SD	22.5 (36)	26.3 (46.9)	30 (69.3)



17 Personen (65%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Eine Person erfährt keine systematischen Schwankungen
 14 Personen (54%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Zwei Personen zeigen keine systematischen Schwankungen
 Neun Personen (35%) liegen im Frequenzbereich des BRAC. Vier Personen zeigen keine systematischen Schwankungen

9.5.1.1. Frequenzverteilungen in den Befindlichkeitsebenen und Gruppenmittelwerte

Das nachfolgende Häufigkeitsdiagramm (Abb. 72) zeigt die Frequenzverteilungen in den drei Befindlichkeitsebenen für alle Versuchspersonen:



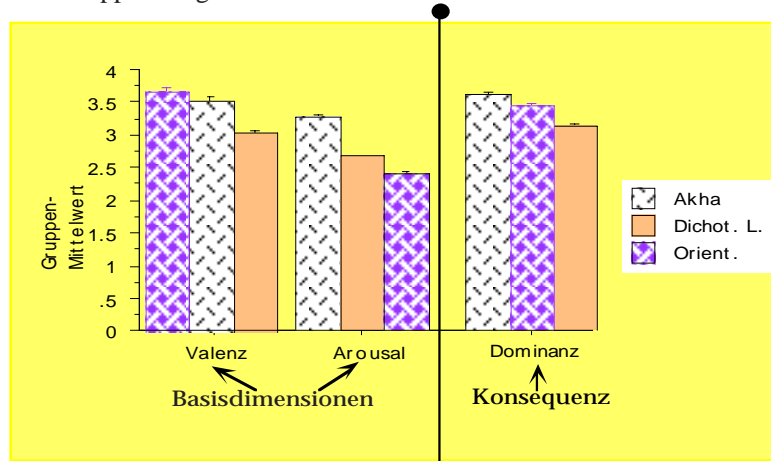
Bei 60% der Personen (26) oszilliert die 'Valenz' im Frequenzbereich des BRAC. Eine Person erfährt kürzere Zyklen als 80 Minuten. Alle anderen zeigen länger Zyklen. Zwei Personen zeigen keine systematischen Schwingungen.

Bei 47% der Personen (20) oszilliert die 'Dominanz' im Frequenzbereich des BRAC. Eine Person erfährt kürzere Zyklen als 80 Minuten. Alle anderen zeigen länger Zyklen. Sieben Personen zeigen keine systematischen Schwingungen.

Bei 40% der Personen (17) oszilliert das 'Arousal' im Frequenzbereich des BRAC. Zwei Personen zeigen kürzere Zyklen als 80 Minuten. Alle anderen zeigen länger Zyklen. Sieben Personen zeigen keine systematischen Schwingungen.

Alle Gruppen	‘VALENZ’	‘DOMINANZ’	‘AROUSAL’
<i>Gesamt</i>	120 min. = 2Std. = 12Z/T (146.6)	135 min. = 2.25Std. = 10.7Z/T (149.8)	150 min. = 2.5Std. = 9.6Z/T (156.8)
<i>MAD</i>	22.5	37.5	37.5
<i>(SD)</i>	(68)	(60.8)	(72)

Nachfolgend sollen in Abb. 73 noch die Gruppenmittelwerte für die Befindlichkeitsdimensionen **Valenz**, **Dominanz** und **Arousal** zwischen den Gruppen verglichen werden:



Im Vergleich zwischen den Gruppen *Akha*, *Dichotisches Hören* und *Orientierung* erfährt die *Orientierungsgruppe* insgesamt eine signifikant positivere Valenz (als die beiden anderen Gruppen) bei gleichzeitig niedrigstem Arousal. Die Gruppe *Dichotisches Hören*, mit höherem Arousal, nimmt den niedrigsten Rang im Befinden ein. Gruppe *Orientierung* und Gruppe *Dichotisches Hören* unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Valenzebene ($p < .0001$) und der Arousalebene ($p = .0356$). Auch die Gruppe *Akha* unterscheidet sich hinsichtlich der Valenzmittelwerte von der Gruppe *Dichotisches Hören* ($p < .0001$). Die *Akhas* unterscheiden sich jedoch nicht von der Gruppe *Orientierung* in der Valenz ($p = .5570$). Ihr Arousal ist im Mittelwert aber deutlich über den beiden deutschen Gruppen (*Akha/ Orientierung*: $p < .0001$, *Akha/ Dichotisches Hören*: $p < .0001$).

Die **Phasenverläufe der ‘Valenz’ und der ‘Selbstsicherheit’** korrelieren bei den beiden deutschen Gruppen **signifikant positiv** miteinander (*Dichotisches Hören*: $r = .308$; $p < .0001$; *Orientierung*: $r = .588$; $p < .0001$). Zwar ebenso positiv, aber nicht signifikant wird dieser Zusammenhang in der asiatischen Gruppe ($r = .009$; $p = .7824$).

Für die Phasenverläufe der steigenden und sinkenden **‘Erregung’** verglichen mit denen des **‘Selbstsicherheitserlebens’** ergibt sich ein **signifikant negativer** Zusammenhang für die deutschen Gruppen (*Dichotisches Hören*: $r = -.301$; $p < .0001$; *Orientierung*: $r = -.113$, $p = .0318$); für die **asiatische Gruppe** dagegen ein **signifikant positiver** (*Akha*: $r = .264$; $p < .0001$). Dieselbe Tendenz gilt für die Valenzebene (Trend).

9.5.1.2. Zusammenfassung und Diskussion

Obleich unsere asiatischen Versuchsteilnehmer in den Arousalwerten deutlich über den deutschen Gruppen lagen, zeigten sie in Phase mit steigender Erregung auch steigende Werte für ihre Selbstsicherheit und Valenz, welche absanken, wenn die Erregung zurückging. Für die deutschen Gruppen scheint das Gegenteil der Fall zu sein.

Valenz und Erregung als ‘Basisdimensionen emotionalen Erlebens’ (Hamm und Vaitl, 1993) bedingten sich während eines Tages bei den **asiatischen Berglandbewohnern** in ultradianen Phasen gegenseitig. Stieg die Erregung an, so stieg auch das emotionale Befinden; sank die Erregung so sank auch die subjektive Befindlichkeit.

Für beide **deutschen Studentengruppen** war der Zusammenhang umgekehrt. Bei **Erregungsanstieg sank das emotionale Befinden, welches sich wieder besserte sobald auch die Erregung zurückging.**

Betrachtet man diesen Zusammenhang für die deutschen Gruppen, so verwundert nicht, daß die Gruppe *Orientierung* bei niedrigstem Arousal die höchsten Werte für die Valenz zeigt, während die Gruppe *Dichotisches Hören* bei insgesamt höherem Arousal niedrigere Valenzwerte angibt.

Die Ebene Dominanz oder Selbstsicherheit wurde, als Konsequenz aus den Basisdimensionen Valenz und Erregung bezeichnet (Russel, 1980). Tatsächlich ergibt sich, verrechnet man innerhalb unserer der Gruppen die Zeitreihen 'Valenz' und 'Arousal' miteinander eine entsprechende Reihenfolge: Die Gruppe *Akha* mit den höchsten Werten für Dominanz, die Gruppe *Orientierung* an zweiter Stelle und zuletzt, mit den niedrigsten Werten in der Selbstsicherheit, die Gruppe *Dichotisches Hören*. Man könnte zusammenfassen, daß die *Akha* mit hohen Erregungswerten, bei gleichzeitig positiver Befindlichkeit, in der Konsequenz ein positiveres emotionales Erleben zeigen, als die deutschen Probanden.

Für diesen Unterschied zwischen den Gruppen kommen mehrere Erklärungen in Frage:

Betrachtet man die Ergebnisse im Abschnitt Lokomotion und Arousal, so zeigt sich, daß bei 80% der Versuchspersonen (in der deutschen Gruppe sogar in 100% der Fälle) ein Arousalanstieg mit einer Latenz von maximal 15-30 Minuten eine Lokomotionsphase nach sich zieht. Die Gruppe *Dichotisches Hören* mußte jedoch den Meßtag über sitzend im Laborraum verbringen und konnte damit ihrem möglichen Bewegungsbedürfnis nicht nachkommen. So daß diese in der Konsequenz, mit dem insgesamt schlechtesten Befinden abschneiden. Die Gruppe *Orientierung* dagegen konnte, anders als die *Akha* welche einem starken Gruppenzwang bezüglich der körperlichen Arbeitseinheiten unterliegen, individuell ihrem Lokomotionsbedürfnis nachgeben.

Als zweite Erklärungsmöglichkeit kommt der Kulturunterschied in Frage. Womöglich bewerten die asiatischen Personen die Dimension Arousal/Erregung anders als die deutschen Probanden. Hohe Arousalphasen bringen in den deutschen Gruppen ein negatives emotionales Erleben mit sich; oder umgekehrt: negative Emotionen bringen einen Erregungsanstieg hervor. Dagegen bewerten die deutschen Studenten ihr Erleben positiv, während die Erregung niedrig ist, d.h., wenn sie sich ruhig und 'friedlich' fühlen. Die Berglandgruppe gibt dagegen regelmäßig dysphorisches Erleben in Phasen geringer Erregung an. Wie schon weiter oben diskutiert, spielt hier wohl die Dynamik der sozialen Gruppe eine bedeutsame Rolle. Phasen hohen Arousal sind sozial interaktive Zeiträume. Die soziale Synchronisation der Aktivitäten und die verbale Kommunikation ist in diesen Zeiträumen hoch. Diese Phasen werden offenbar positiv erlebt. Während Zeitphasen der Müdigkeit, der Isolation und des Rückzugs von den *Akha* als emotional negativ bewertet werden. Die Gruppe *Dichotisches Hören* war den Tag über nicht nur in ihrem Bewegungsbedürfnis beschnitten, sondern auch durch die Kopfhörer sozial isoliert. Die dichotischen Hörpausen waren zu kurz, um kommunikativen Kontakt mit dem Versuchsleiter aufzubauen.

9.5.2. Systematische lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in den Dimensionen der Befindlichkeit

9.5.2.1. Valenz

Tabelle 66 Anordnung derjenigen Versuchspersonen, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in der Befindlichkeitsdimension 'VALENZ' zeigen:

Linearer Verlauf

<i>Akha</i>	male	-.3280	.106	-2.071	-3.092	.0047	AAGO
	male	-.2020	.087	-1.707	-2.308	.0292	AAJAE
	fem	-.1740	.071	-1.729	-2.450	.0216	ABOFAN
<i>Dichotisches Hören</i>	fem	-.2730	.120	-1.707	-2.275	.0317	ASOLI
	male	-.0420	.018	-1.585	-2.351	.0257	DPAUP
	male	-.1220	.061	-1.289	-2.011	.0537	DSTEK(Trend)
	male	.1580	.058	1.806	2.730	.0107	DTORJ
	fem	-.1510	.084	-1.242	-1.795	.0830	DDANT(Trend)
<i>Orientierung</i>	fem	.1320	.070	1.363	1.891	.0687	DMANL(Trend)
	fem	.1850	.066	1.914	2.824	.0085	DSIML
	male	.1450	.047	1.928	3.122	.0040	OOLIL
	fem	-.2080	.068	-2.044	-3.074	.0046	OBETS
	fem	-.1100	.047	-1.369	-2.359	.0253	OCHRN

Quadratischer Verlauf

<i>Akha</i>	male	.0120	.003	2.272	3.393	.0022	AAGO
	male	.0060	.003	1.654	2.236	.0341	AAJAE
	male	.0070	.003	1.424	2.078	.0470	AAMIA
	fem	.0040	.002	1.355	1.795	.0847	AADU(Trend)
	fem	.0050	.002	1.360	1.928	.0653	ABOFAN(Trend)
	fem	.0080	.004	1.551	2.067	.0492	ASOLI
<i>Dichotisches Hören</i>	male	.0010	.001	1.259	1.867	.0720	DPAUP(Trend)
	male	-.0050	.002	-2.002	-3.025	.0052	DTORJ
	fem	.0050	.002	1.512	2.186	.0370	DDANT
	fem	-.0040	.002	-1.399	-1.941	.0620	DMANL(Trend)
	fem	-.0050	.002	-1.817	-2.681	.0120	DSIML
<i>Orientierung</i>	male	-.0050	.001	-2.233	-3.616	.0011	OOLIL
	fem	.0060	.002	1.949	2.932	.0065	OBETS

Niederfrequente Schwankungen in der Dimension 'Valenz', sowie lineare Niveauveränderungen:

In der Gruppe *Akha* zeigen zwei Personen (7%) einen negativ quadratischen Verlauf: $r \leq -.003$ (keiner der Männer), elf Personen bleiben ohne erkennbare Schwankungen (drei Frauen und acht Männer) und 13 Personen (**50%**) **zeigen einen positiven Phasenverlauf im circadianen Frequenzbereich**: $r \geq .003$ (sechs Frauen und sieben Männer). Das bedeutet, die Hälfte der Versuchspersonen der Gruppe *Akha* beginnt mit einem relativen Stimmungshoch am Tagesanfang, das deutlich abnimmt um die Mittagszeit und wieder ansteigt gegen Abend.

Zwei Männer und zwei Frauen aus dieser Gruppe (15%) zeigen einen signifikanten linearen Stimmungsabfall über den Tag. Sie sind unter den Personen, die auch einen deutlich positiven quadratischen Kurvenverlauf aufweisen.

In der Gruppe *Dichotisches Hören* zeigen drei Personen (21%) einen negativen Phasenverlauf im circadianen Zeitbereich: $r \leq -.003$ (zwei Frauen, ein Mann), sieben Personen weisen keine deutlich quadratischen Schwankungen auf (drei Frauen und vier Männer) und vier Personen (29%) einen positiven circadianen Verlauf: $r \geq .003$ (zwei Frauen und zwei Männer). Das bedeutet, **50% der Versuchspersonen der Gruppe Dichotisches Hören zeigen keine systematischen Schwankungen im Frequenzbereich eines Circadianrhythmus in der 'Valenz'**.

Zwei Männer und eine Frau aus dieser Gruppe (21%) zeigen einen signifikanten Stimmungsabfall über den Tag. Nur zwei davon sind unter den Personen, die auch einen deutlich positiv quadratischen Verlauf aufweisen. Ein Mann und zwei Frauen (21%) zeigen eine signifikante Zunahme des positiven Befindens im Laufe des Tages. Sie gehören zu den Personen, die auch einen deutlich negativ quadratischen Verlauf aufweisen.

In der Gruppe *Orientierung* erfährt eine Person (10%) einen negativ quadratischen Phasenverlauf: $r \leq -.003$ (Keine Frau), sieben Personen (70%) keine nennenswerten quadratischen Schwankungen (5 Frauen und zwei Männer) und zwei Personen einen positiven Verlauf: $r \geq .003$ (eine Frau und ein Mann). Das bedeutet, **50% der Versuchspersonen der Gruppe Orientierung erfahren keine systematisch quadratischen Schwankungen in der 'Valenz'**. Zwei Frauen aus dieser Gruppe (20%) zeigen einen signifikanten Stimmungsabfall über den Tag. Nur eine davon ist unter den Personen, die auch einen deutlich positiven Phasenverlauf im Circadianbereich aufweisen. Ein Mann erfährt eine signifikante Zunahme des positiven Befindens im Laufe des Tages. Er gehört zu denjenigen, die auch einen deutlich negativen quadratischen Verlauf aufweisen.

Zusammenfassung und Diskussion

Trotz des kilometerlangen Tagesmarsches der Gruppe *Orientierung* zeigt die Mehrzahl der Versuchspersonen keine wachsende Unlust oder steigende negative Stimmung. Es scheint, trotz großer körperlicher Anstrengung bei sommerlichen Tagestemperaturen nicht zu Motivationsproblemen zu kommen; jedenfalls wird nicht davon berichtet. Bei einer Person steigt die Stimmung sogar insgesamt. Auch in der Bergland-Gruppe der *Akha* zeigen trotz der schweren Feldarbeit 85% der Versuchspersonen - trotz zyklischer Schwingung um ihren individuellen Mittelwert - in ihrer 'Valenz' keinen linearen Anstieg oder Abfall. In der dichotischen Hörgruppe gleichen sich über die Personen betrachtet die Befindlichkeits Zu- und Abnahmen aus: 21% zeigen einen positiven und ebenso viele einen negativen Trend.

9.5.2.2. Arousal

Tabelle 67 Anordnung derjenigen Versuchspersonen, die signifikante lineare und quadratische Niveau-Veränderungen in der Dimension 'AROUSAL' zeigen.

Linearer Verlauf

<i>Akha</i>	-.2460	.131	-1.347	-1.881	.0713	AAGO	
	.1990	.096	1.556	2.070	.0485	AAJAE	
	.1040	.037	1.878	2.822	.0088	AADIJA	
	.1570	.085	1.441	1.856	.0753	AADU(Trend)	
	-.1110	.063	-1.311	-1.751	.0922	ABOFAN(Trend)	
	-.1160	.060	-1.267	-1.921	.0662	AAPI	
	-.2130	.087	-1.653	-2.441	.0221	ASOLI	
	.2580	.075	2.158	3.434	.0018	DNORM	
	.0780	.035	1.516	2.243	.0327	DPAUP	
	-.1020	.053	-1.197	-1.928	.0636	DASTM(Trend)	
<i>Dichotisches Hören</i>	-.0830	.049	-1.098	-1.706	.0988	DDANT(Trend)	
	-.0820	.037	-1.397	-2.202	.0357	DMANL	
	-.2220	.065	-2.308	-3.417	.0022	DSILH	
	<i>Orientierung</i>	-.137	.032	-2.325	-4.277	.0002	OOLIL
		-.092	.032	-1.969	-2.927	.0066	OBETS
		-.092	.041	-1.524	-2.225	.0340	OKATB
		-.113	.049	-1.441	-2.329	.0270	OPATR

Quadratischer Verlauf

<i>Akha</i>	.0100	.004	1.647	2.298	.0298	AAGO
	-.0060	.003	-1.472	-1.959	.0609	AAJAE
	.0090	.005	1.375	1.979	.0589	AAMI
	-.0030	.001	-1.517	-2.279	.0308	AADIJA
	-.0050	.003	-1.437	-1.851	.0761	AADU
<i>Dichotisches Hören</i>	.0050	.003	1.189	1.755	.0915	ASOLI
	-.0080	.002	-2.324	-3.698	.0009	DNORM
	-.0030	.001	-1.764	-2.611	.0142	DPAUP
	.0040	.002	1.670	2.692	.0117	DASTM
	.0030	.001	1.537	2.389	.0236	DDANT
	.0030	.001	1.802	2.841	.0081	DMANL
<i>Orientierung</i>	.0080	.002	2.399	3.551	.0016	DSILH
	.003	.001	1.885	2.801	.0090	OBETS
	.002	.001	1.225	1.789	.0841	OKATB(Trend)
	.005	.001	2.678	4.927	<.0001	OOLIL

Niederfrequente Schwankungen in der Dimension 'Arousal', sowie lineare Trendveränderungen:

In der Gruppe *Akha* zeigen vier Personen (15%) einen negativ quadratischen Phasenverlauf: $r \leq -.003$ (drei Frauen, ein Mann), 16 Personen bleiben ohne nennenswerte quadratische Schwankungen (drei Frauen und acht Männer) und sechs Personen (23%) einen positiven Phasenverlauf im circadianen Zeitbereich: $r \geq .003$ (fünf Frauen und ein Mann). Die Mehrzahl der Versuchspersonen (**62%**) **zeigen keine Schwankungen, die im Zeitbereich einer circadianen Halbphase liegen im subjektiv erlebten Arousal/Erregung.**

Ein Mann und drei Frauen aus dieser Gruppe (15%) zeigen einen signifikant linearen Erregungsabfall über den Tag. Nur zwei davon sind unter denjenigen, die auch einen deutlich positiv quadratischen Verlauf aufweisen.

In der Gruppe *Dichotisches Hören* zeigen drei Personen (21%) einen negativ quadratischen Verlauf: $r \leq -.003$ (drei Männer), sechs Personen bleiben ohne solche Schwankungen (drei Frauen und drei Männer) und für 5 Personen, (36%) ergibt sich ein positiv quadratischer Phasenverlauf: $r \geq .003$ (vier Frauen und ein Mann). Damit zeigen **43% keine Schwankungen im circadianen Frequenzbereich in der Zeitreihe 'Arousal'.**

Vier Frauen und kein Mann aus dieser Gruppe (29%) zeigen einen linearen Erregungsabfall über den Tag. Sie alle sind unter denjenigen, die auch einen deutlich positiven quadratischen Verlauf aufweisen. Zwei Männer dagegen (21%) zeigen eine signifikant lineare Zunahme des empfundenen Arousal im Laufe des Tages. Sie gehören zu denjenigen, die auch einen deutlich negativen quadratischen Verlauf aufweisen.

In der Gruppe *Orientierung* erfährt eine Person (10%) eine negativ quadratische Zeitreihe: $r \leq -.003$ (kein Mann), acht Personen (80%) keine nennenswerten Schwankungen (fünf Frauen und drei Männer) und eine Person (10%) einen positiv quadratischen Verlauf: $r \geq .003$ (ein Mann). Das bedeutet, daß die Mehrzahl (**80%**) **der Versuchspersonen der Gruppe Orientierung keine systematischen Schwankungen im circadianen Zeitbereich in ihrem subjektiv erlebten Arousal/Erregung erfahren.**

Drei Frauen aus dieser Gruppe und ein Mann (40%) zeigen einen signifikanten linearen Erregungsabfall über den Tag. Drei Personen davon sind unter denjenigen, die auch eine deutlich positive Halbphase über den Tag aufweisen.

Zusammenfassung

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Diese Bezeichnung ist lediglich eine naheliegende Interpretation, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin; nämlich auf circadiane Halbphasen.

Frauen zeigen in den Gruppen *Akha* und *Dichotisches Hören* häufiger als Männer (4:1 und 5:1) einen positiven circadianen Verlauf in ihrer Zeitreihe 'Arousal', d.h., sie beginnen den Meßtag mit einem Erregungshoch, das gegen Mittag abflaut und gegen Abend wieder zunimmt. In der Gruppe *Akha* zeigen 62% keine circadianen 'Arousal'-Schwankungen, im Vergleich zu 43% in der Gruppe *Dichotisches Hören* 80% in der Gruppe *Orientierung*. In der Gruppe *Akha* berichten 15% von einem stetigen Erregungsabfall, 29% in der Gruppe *Dichotisches Hören* und 40% in

der Gruppe *Orientierung*. Von einer Erregungssteigerung berichten 11% der Versuchspersonen in der Bergland-Gruppe, 14% in der Dichotischen Hörgruppe und keine Person in der Gruppe *Orientierung*.

9.6. Zusammenfassung und Diskussion des Kapitels

Die Pathophysiologie affektiver Störungen wird in der Literatur im Zusammenhang mit dem circadianen System als chronobiologische Abnormalität gesehen (Healy, 1987; Souetre et al., 1989). Zu beachten ist, daß dabei womöglich auch das ultradiane System einer Veränderung unterliegt. Die Erforschung affektiver Störungen hat gezeigt, daß depressive Erkrankungen gleichzeitig mit Veränderten chronobiologischen Parametern einhergehen (Healy und Waterhouse, 1990). Aber auch bei gesunden Probanden wurden Tagesschwankungen in der subjektiven Befindlichkeit gefunden (Robbins und Tanck, 1987). Bei unseren Versuchspersonen zeigen, je nach Gruppe, verschieden zwischen 30 und 57% der Personen circadiane Tagesschwankungen der 'Valenz'.

Im Vergleich zu den Befunden aus Japan von Tsuji et al (1981) und Hall (1991) aus Amerika welche Befindlichkeitszyklen im Frequenzbereich von 4-6 Stunden fanden, sowie Totterdell (1995) welcher signifikante ultradiane Rhythmen in der Befindlichkeit gesunder englischer Probanden mit einer Periodenlänge zwischen 3-9 Stunden fand, oszilliert die 'Valenz' unserer deutschen und asiatischen Probanden am oberen Bereich dieser Frequenzen mit 2.9 Std. im Mittel für unsere deutschen Versuchspersonen, und 2 Stunden für die asiatischen. Dieses Ergebnis entspricht damit besser den Befunden von Arakawa et al. (1993), dessen viertelstündlich durchgeführte erhobenen 'Mood'-Skalen Maxima im Rhythmus von 10 Z/T (=2.4 h) zeigten.

Die 'Valenzzyklen' der dichotischen Hörgruppe zeigen im Mittel eine Frequenz von 161 Minuten (SD 76; 120 min. Median; MAD 22.5) und die der *Orientierungsgruppe* von 190 Minuten (SD 93.4; 143 min. Median; MAD 26). Die Befindlichkeitszyklen der thailändischen Probanden zeigen eine Zyklizität von 122 min. im Mittel (SD 36; 120 min. Median; MAD 22.5). Damit schwankt die Befindlichkeit der deutschen Studenten mit einer Rhythmizität von 2.9 Std oder 8.2 Zyklen pro Tag, die der asiatischen *Akhagruppe* mit 2 Std. oder 11.8 Zyklen pro Tag. Die einzelnen Probanden der deutschen Gruppen zeigen, im Gegensatz zu den asiatischen Versuchsteilnehmern, individuell hohe Abweichungen vom Gruppenmittelwert. Über alle Personen ergibt sich für der Ebene 'Valenz' eine ultradiane Rhythmizität von 147 min. im Mittel, bei einem Median von 120 min. Zwei Personen zeigen keine systematische Zyklizität in der Befindlichkeitsdimension 'Valenz'.

Tucker hatte sich 1981 dafür ausgesprochen, daß die grundlegenden Arousal-Systeme, welche die corticale Aktivität im menschlichen Gehirn regulieren, qualitativ-modulatorisch in den Informationsverarbeitungsprozeß eingreifen (Tucker, 1981). Die subjektiv erlebte Erregung (Arousal) unterliegt in allen unseren Gruppen ultradianen Schwankungen. Die '**Arousal**'-Zyklen der dichotischen Hörgruppe zeigen im Mittel eine Frequenz von 146 Minuten (SD 51; 135 min. Median; MAD 41) und die der *Orientierungsgruppe* mit 191 Minuten (SD 97; 150 min. Median; MAD 30) etwas höher. Die Befindlichkeitszyklen der Gruppe *Akha* zeigen ebenso eine Zyklizität von 149 min. im Mittel (SD 69; 135 min. Median; MAD 30). Damit schwankt die Befindlichkeit der deutschen Studenten mit einer mittleren Rhythmizität von 2.8 Std oder 8.6 Zyklen pro Tag, die der asiatischen *Akhagruppe* mit 2.5 Std. oder 9.6 Zyklen pro Tag.

Der Verlauf der Erregungskurve, der Dimension 'Arousal', ist damit zwar deutlich einer ultradianen Rhythmizität unterworfen; bei der Mehrzahl der untersuchten Personen ist diese Dimension aber nicht vom Circadianzyklus betroffen.

In der Dimension '**Dominanz**', die Ebene welche als **Konsequenz aus den Basisdimensionen** Valenz und Arousal bezeichnet wurde, liegt die Zyklenlänge **zwischen den beiden anderen Ebenen.**

Mit 138 min. im Mittel (135 min. Median) für die Gruppe *Dichotisches Hören* und 193 min. (165 min. Median) in der *Orientierungsgruppe*. Auch hier zeigt die asiatische Gruppe mit 137 min. im Mittel (116 min. Median) eine höhere Frequenz als die beiden deutschen Gruppen. Sieben Personen zeigen keine systematische Zyklizität in der Befindlichkeitsdimension 'Dominanz'. Damit schwankt das Selbstwertempfinden der deutschen Studenten im Mittel mit einer Rhythmizität von 2.8 Std oder 8.7 Zyklen pro Tag; das Selbstwertempfinden der asiatischen *Akhagruppe* mit 2.3 Std. oder 10.5 Zyklen pro Tag.

Über alle Personen aus den verschiedenen Gruppen ergibt sich für die Schwankungen in der Selbstwertestufung eine mittlere Zyklizität von 150 Minuten. Dies entspricht 2.5 Stunden und damit 9.6 Zyklen pro Tag.

Die Ergebnisse unserer Studie stützen die Haupthypothese, daß das emotionale Befinden in den drei relevanten Dimensionen subjektiven Erlebens Valenz, Dominanz und Arousal ultradianen Schwankungen unterliegt.

9.7. Hemisphärenlateralisierung und Emotionale Befindlichkeit

9.7.1. Lateralisierungszeitreihen vs. 'Valenz', 'Dominanz' und 'Arousal'

Tabelle 68: Lateralisierung (taktiler Test) und Befindlichkeit in den Dimensionen 'Valenz', 'Dominanz' und 'Arousal' für jede Vpn der **Gruppe Akha**

Vpn			'Valenz'		'Dominanz'		'Arousal'	
			Koeff.	p	Koeff.	p	Koeff.	p
1	fem	AABIA	.204	.1238	-.351	.0384*	-.285	.0974(Trend)
2	fem	AABMIA	-.090	.7354	.634	.0051*	.476	.0529(Trend)
3	fem	AABUH	/	/	/	/	/	/
4	fem	AADJIA	-.025	.8894	-.102	.5694	-.019	.9152
5	fem	AADJA	.454	.0064*	-.062	.7305	-.241	.1713
6	fem	AADU	.036	.8451	-.411	.0188*	-.287	.1119
7	fem	AAGA	.128	.6850	-.529	.0629(Trend)	-.595	.0301*
8	fem	AAMI	-.346	.0518(Trend)	.523	.0018*	.638	<.0001*
9	fem	AANUNG	-.057	.7419	-.278	.1012	-.166	.3360
10	fem	AAO	-.415	.0140*	-.485	.0032*	-.158	.3737
11	fem	ABOFAN	-.369	.0369*	-.195	.2875	.114	.5385
12	fem	AMICHO	.435	.0224*	.127	.5321	.195	.3345
13	fem	AMIDI	.161	.3507	-.507	.0013*	.296	.0801(Trend)
14	fem	AMINE	/	/	/	/	/	/
15	fem	ASOLI	-.259	.1601	-.146	.4355	-.379	.0347*
16	male	AABH1	.281	.0967(Trend)	.616	<.0001*	.440	.0066*
17	male	AABH2	.447	.0095*	.030	.8723	.226	.2154
18	male	AAGO	-.648	<.0001*	-.602	<.0001*	-.864	<.0001*
19	male	AAHGA	-.108	.5592	.410	.0191*	-.467	.0065*
20	male	AAHJA	-.274	.1179	.032	.8582	-.600	<.0001*
21	male	AAJAE	.335	.0565(Trend)	-.064	.7245	-.125	.4901
22	male	AALA	-.175	.3092	-.073	.6745	.543	.0005*
23	male	AAMIA	.290	.0918(Trend)	.006	.9724	.107	.5449
24	male	AANNO	-.256	.1382	-.416	.0123*	-.208	.2331
25	male	AAPI	.334	.0615(Trend)	.206	.2602	.634	<.0001*
26	male	AAPPA	-.276	.1037	.265	.1187	-.432	.0078*
27	male	AASOE	.566	.0032*	.528	.0071*	.288	.1746
28	male	AATE	.131	.4488	-.083	.6337	-.431	.0080*
29	male	AATU	.099	.5667	.200	.2435	-.054	.7542
30	male	AMODSCHU	.205	.2316	.071	.6818	.186	.2785

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Valenz' und der Lateralisierung:

Zwei der 15 Frauen und sechs der 15 männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Drei der 15 Frauen und einer der 15 männlichen Probanden zeigen einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Dominanz' und der Lateralisierung:

Zwei der 15 Frauen und drei der 15 männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

5 der 15 Frauen und zwei der 15 männlichen Probanden zeigen einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Arousal' und der Lateralisierung:

Zwei der 15 Frauen und drei der 15 männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Zwei der 15 Frauen und 5 der 15 männlichen Probanden zeigen einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Tabelle 69: Lateralisierung (taktiler Test) und Befindlichkeit in den Dimensionen 'Valenz', 'Dominanz' und 'Arousal' für die Vpn der **Gruppe Dichotisches Hören**

Vpn			'Valenz'		'Dominanz'		'Arousal'	
			Koeff.	p	Koeff.	p	Koeff.	p
1	fem	DASTM	-.145	.4027	.392	.0173*	.607	<.0001*
2	fem	DBRIB	-.105	.5451	-.105	.5466	-.308	.0678(Trend)
3	fem	DDANT	.664	<.0001*	-.462	.0041*	.269	.1131
4	fem	DMANL	.078	.6525	.021	.9050	.496	.0018*
5	fem	DSILH	-.125	.4999	.133	.4728	-.142	.4407
6	fem	DSIML	.357	.0321*	-.200	.2440	-.122	.4804
7	fem	DSUSS	.111	.5237	-.120	.4878	-.441	.0065*
8	male	DINGK	.811	<.0001*	.448	.0038*	.576	<.0001*
9	male	DJUEK	-.288	.0888(Trend)	-.400	.0149*	.019	.9127
10	male	DNORM	-.665	<.0001*	-.096	.5813	-.110	.5243
11	male	DPAUP	.197	.2504	-.145	.4027	.080	.6452
12	male	DRALT	.881	<.0001*	-.014	.9366	.207	.2273
13	male	DSTEK	-.040	.8202	.216	.2068	-.199	.2475
14	male	DTORJ	.374	.0238*	.191	.2673	.100	.5646

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Valenz' und der Lateralisierung:

Zwei der sieben Frauen und drei der sieben männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Keine der sieben Frauen und einer der sieben männlichen Probanden zeigen einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Dominanz' und der Lateralisierung:

Eine der sieben Frauen und einer der sieben männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Eine der sieben Frauen und einer der sieben männlichen Probanden zeigen einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Arousal' und der Lateralisierung:

Zwei der sieben Frauen und einer der sieben männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Eine der sieben Frauen und keiner der sieben männlichen Probanden erfährt einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Tabelle 70: Lateralisierung (taktiler Test) und Befindlichkeit in den Dimensionen 'Valenz', 'Dominanz' und 'Arousal' für die Vpn der **Gruppe Orientierung**

Vpn			'Valenz'		'Dominanz'		'Arousal'	
			Koeff.	p	Koeff.	p	Koeff.	p
1	fem	OBETS	-.117	.5001	.018	.9198	.082	.6366
2	fem	OCHRN	-.165	.3383	-.261	.1243	-.066	.7035
3	fem	OKATB	-.561	.0003*	.373	.0243*	-.068	.6957
4	fem	OPATR	.201	.2421	.403	.0140*	.148	.3922
5	fem	OSTRE	-.404	.0138*	-.217	.2044	-.483	.0024*
6	fem	OULRK	.288	.0891(Trend)	-.201	.2407	.561	.0003*
7	male	OJOES	.158	.3603	.297	.0780(Trend)	.472	.0032*
8	male	OKLAH	-.398	.0156*	-.465	.0038*	-.250	.1419
9	male	OOLIL	-.328	.0506(Trend)	-.379	.0220*	.461	.0042*
10	male	ORALW	-.129	.4564	.015	.9313	.113	.5132

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Valenz' und der Lateralisierung:

Eine der sechs Frauen und keiner der vier männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Zwei der sechs Frauen und zwei der vier männlichen Probanden zeigen einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Dominanz' und der Lateralisierung:

Zwei der sechs Frauen und einer der vier männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Keine der sechs Frauen und zwei der vier männlichen Probanden zeigen einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Variable 'Arousal' und der Lateralisierung:

Eine der sechs Frauen und zwei der vier männlichen Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

Eine der sechs Frauen und keiner der vier männlichen Probanden zeigen, wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt, einen negativen Phasenzusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung im taktilen Diskriminationstest.

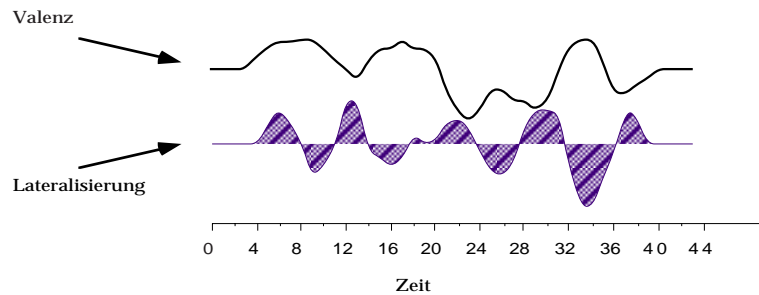


Abb. 74 zeigt beispielhaft den negativen Zusammenhang zwischen der Befindlichkeit und der Lateralisierung, welcher in der Tendenz für 70% der Probanden aus dieser Gruppe zutrifft und bei 40% in statistisch signifikant wird. Während Phasen in denen die rechte Hand (linke Hemisphäre) eine relative Überlegenheit in der taktilen Leistung gegenüber der linken Hand (rechte Hemisphäre) zeigt, ist das Befinden (Valenz) dieser Personen schlecht und umgekehrt, während Phasen mit Linkshandvorteil (rechte Hemisphäre) ist das Befinden (Valenz) gut. Nur eine Person erfährt in signifikanter Weise den gegensätzlichen Zusammenhang.

Tabelle 71: Lateralisierung (dichotisches Hören) und Befindlichkeit in den Dimensionen 'Valenz', 'Dominanz' und 'Arousal' für die Vpn der **Gruppe Dichotisches Hören**

Vpn			'Valenz'		'Dominanz'		'Arousal'	
			Koeff.	p	Koeff.	p	Koeff.	p
1	fem	DASTM	.125	.4696	-.316	.0602(Trend)	-.578	.0001*
2	fem	DBRIB	.026	.8813	.258	.1300	-.070	.6885
3	fem	DDANT	-.074	.6682	.570	.0002*	.447	.0057*
4	fem	DMANL	.663	<.0001*	.469	.0035*	-.171	.3208
5	fem	DSILH	-.696	<.0001*	-.313	.0810(Trend)	.136	.4599
6	fem	DSIML	.074	.6688	-.574	.0002*	-.182	.2895
7	fem	DSUSS	.117	.5002	-.182	.2903	-.479	.0027*
8	male	DINGK	.347	.0824(Trend)	.041	.8441	.234	.2533
9	male	DJUEK	-.617	<.0001*	-.348	.0367*	-.611	<.0001*
10	male	DNORM	-.867	<.0001*	-.354	.0333*	-.088	.6136
11	male	DPAUP	.577	.0002*	.123	.4770	-.109	.5315
12	male	DRALT	.473	.0032*	-.251	.1400	-.216	.2073
13	male	DSTEK	-.165	.3396	.124	.4754	.057	.7426
14	male	DTORJ	.114	.5091	.002	.9891	.255	.1343

9.7.2. Zeitreihen der linken und rechten Hand vs. Zeitreihen der 'Valenz', der 'Dominanz' und des 'Arousal'

9.7.2.1. Valenz

- Korrelationen und Kreuzkorrelationen der Zeitreihen 'Valenz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe Akha
Tabelle 72 Signifikante Korrelationen der Zeitreihen 'Valenz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe Akha

	linke Hand		rechte Hand	
	Correlation	P-Value	Correlation	P-Value
AABIA	-.360	.0330		
AABMIA	.664	.0028		
AADJA			.420	.0126
AADU	-.394	.0249	-.399	.0230
AAGA				
AAGO	-.683	.0083	-.589	.0002
AAHGA	.451	.0078		
AAHJA			-.516	.0015
AAJAE	.334	.0617	.374	.0312
AAMI			.741	<.0001
AAMIA	.752	<.0001		
AANNO	-.552	.0004	-.563	.0003
AAO			-.491	.0028
AAPPA	-.565	.0003	-.352	.0348
AASOE	-.456	.0240	.432	.0343
AATU			-.637	<.0001
ABOFAN	-.620	<.0001	-.489	.0040
AMICHO			.514	.0054
AMIDI	-.280	.0986		
ASOLI	.372	.0388		
AABH2	-.378	.0323		

Bei 13 der 28 Personen (46%) besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der rechten Hand und der 'Valenz'. Fünf Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und acht Personen zeigen eine negative Korrelation.

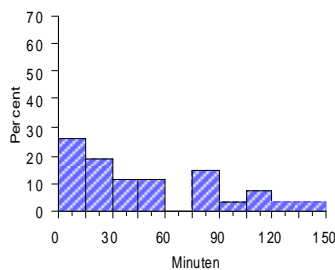
Ebenso besteht bei 14 Personen dieser Gruppe (50%) ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der 'linken Hand' und dem 'Valenz'. Fünf Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und neun Personen zeigen eine negative Korrelation. Nur sieben Akha (25%) zeigen keine signifikante Parallelität zwischen den Händen und dem 'Valenz'.

Sieben Versuchspersonen zeigen einen Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Valenz'; fünf davon zeigen einen negativen Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Valenz'. Ein weiterer Proband weist einen positiven Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Valenz' auf. Diskussion: Hinweis auf Gleichphasigkeit zwischen rechter und linker Hand. Eine Person weist für die 'rechte Hand' mit der Variable 'Arousal' einen positiven Zusammenhang auf bei gleichzeitig negativem mit der 'linken Hand'. Keine Person zeigt das Umgekehrte: einen positiven Zusammenhang zwischen rechter Hand und 'Valenz' bei gleichzeitig negativem Zusammenhang mit der 'linken Hand' und 'Valenz'.

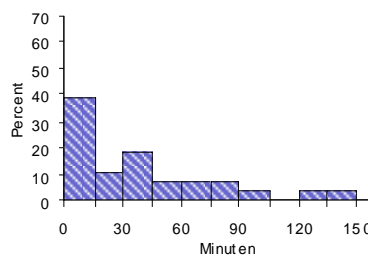
Kreuzkorrelationen: Zeitreihen der taktilen Diskrimination und der 'Valenz' der Gruppe Akha

Das Histogramm zeigt um wieviel Lags man die Zeitreihe 'Valenz' über die der 'linken Hand' verschieben muß um eine positive Phasenübereinstimmung zu erhalten.

Das Histogramm zeigt um wieviel Lags man die Zeitreihe 'Valenz' über die der 'rechten Hand' verschieben muß um eine positive Phasenübereinstimmung zu erhalten.



From (>)	To (≤)	Percent
0	15	26
15	30	19
30	45	11
45	60	11
60	75	0
75	90	15
90	105	4
105	120	7
120	135	4
135	150	4
Total		100



From (>)	To (≤)	Percent
0	15	39
15	30	11
30	45	18
45	60	7
60	75	7
75	90	7
90	105	4
105	120	0
120	135	4
135	150	4
Total		100

Nur 26% der Versuchspersonen zeigen nach einer Verschiebung um ein Lag eine Phasenübereinstimmung zwischen den beiden Zeitreihenverläufen. Die 'Valenz' verändert sich nicht in Phase mit der 'linken Hand'. Die Latenz streut über die Personen mit 0-150 Minuten.

39% der Versuchspersonen zeigen nach einer Verschiebung um ein Lag eine Phasenübereinstimmung zwischen den beiden Zeitreihenverläufen. Die 'Valenz' verändert sich bei diesen Personen in Phase mit der 'rechten Hand' mit einer Latenz von 0-15 Minuten. Bei anderen Personen jedoch kann die Phasendifferenz bis zu 150 Minuten betragen.

- Korrelationen und Kreuzkorrelationen der Zeitreihen 'Valenz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe Dichotisches Hören

Tabelle 73 Signifikante Korrelationen der Zeitreihen 'Valenz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe Dichotisches Hören

	'linke Hand'		'rechte Hand'	
	Korrelation	p	Korrelation	p
DASTM	.282	.0954		
DDANT	-.637	<.0001		
DSIML	-.297	.0788	.284	.0939
DINGK	-.346	.0305	.597	<.0001
DJUEK			.554	.0003
DPAUP	-.541	.0005	-.425	.0091
DRALT	-.586	.0001	.779	<.0001
DSTEK	.584	.0001	.445	.0060
DTORJ	-.657	<.0001		

Bei neun der 14 Personen (64%) besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen den Händen und der Variable 'Valenz'

Bei sechs der 14 Personen besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der rechten Hand und dem 'Valenz'. Fünf Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und eine Person erfährt eine negative Korrelation.

Dagegen besteht bei acht Personen dieser Gruppe ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der 'linken Hand' und dem 'Valenz'. Zwei Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und sechs Personen zeigen eine negative Korrelation.

Fünf Personen der Gruppe Dichotisches Hören (36%) zeigen keine signifikante Parallelität zwischen den 'Händen' und der 'Valenz'.

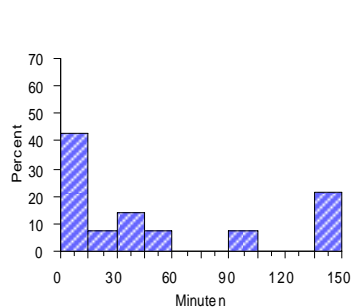
Eine Versuchsperson erfährt einen negativen Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Valenz'. Ein weiterer Proband weist einen positiven Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Valenz' auf.

Keine Person weist für die 'rechte Hand' mit der Variable 'Arousal' einen negativen Zusammenhang auf, bei gleichzeitig positivem mit der 'linken Hand'. Drei Personen zeigen das Umgekehrte: einen positiven Zusammenhang zwischen 'rechter Hand' und 'Arousal' bei gleichzeitig negativem Zusammenhang zwischen der 'linken Hand' und 'Valenz'.

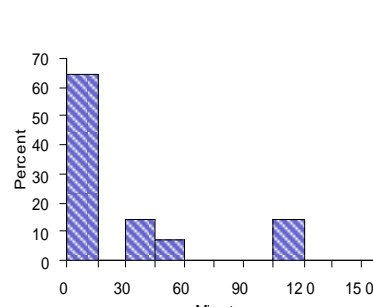
Kreuzkorrelationen: Zeitreihen der taktilen Diskrimination und der 'Valenz' der Gruppe Dichotisches Hören

Das Histogramm zeigt um wieviel Lags man die Zeitreihe 'Valenz' über die der 'linken Hand' verschieben muß um eine positive Phasenübereinstimmung zu erhalten.

Das Histogramm zeigt um wieviel Lags man die Zeitreihe 'Valenz' über die der 'rechten Hand' verschieben muß um eine positive Phasenübereinstimmung zu erhalten.



From (>)	To (≤)	Percent
0	15	43
15	30	7
30	45	14
45	60	7
60	75	0
75	90	0
90	105	7
105	120	0
120	135	0
135	150	21
Total		100



From (>)	To (≤)	Percent
0	15	64
15	30	0
30	45	14
45	60	7
60	75	0
75	90	0
90	105	0
105	120	14
120	135	0
135	150	0
Total		100

43% der Versuchspersonen zeigen nach einer Verschiebung um ein Lag eine Phasenübereinstimmung zwischen den beiden Zeitreihenverläufen. Die 'Valenz' verändert sich bei diesen Personen in Phase mit der 'linken Hand' mit einer Latenz von nur 0-15 Minuten. Bei 21% beträgt die Phasendifferenz zw 30 und 60 Minuten.

64% der Versuchspersonen zeigen nach einer Verschiebung um ein Lag eine Phasenübereinstimmung zwischen den beiden Zeitreihenverläufen. Die 'Valenz' verändert sich bei diesen Personen in Phase mit der 'rechten Hand' mit einer Latenz von nur 0-15 Minuten. Bei 21% beträgt die Phasendifferenz zw 30 und 60 Minuten.

- Korrelationen und Kreuzkorrelationen der Zeitreihen 'Valenz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe Orientierung
 Tabelle 74 Signifikante Korrelationen der Zeitreihen 'Valenz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe *Orientierung*

	'linke Hand'		'rechte Hand'	
	Korrelation	p	Korrelation	p
OKATB	.441	.0066	-.444	.0061
OPATR			.522	.0009
OSTRE	.356	.0325		
OULRK			.659	<.0001
OJOES			.425	.0091
OKLAH	.328	.0504		
OOLIL			-.336	.0444
ORALW			-.428	.0086

Bei acht der zehn Personen (80%) besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen den Zeitreihen der Hände und der Variable 'Valenz'. Bei sechs Versuchsteilnehmern ergibt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der rechten Hand und der 'Valenz'. Drei Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und drei Personen zeigen eine negative Korrelation. Bei drei Personen dieser Gruppe besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der 'linken Hand' und der 'Valenz'. Alle drei Probanden zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und keiner erfährt eine negative Korrelation. Zwei Personen (20%) zeigen keine signifikante Parallelität zwischen den Händen und der 'Valenz'.

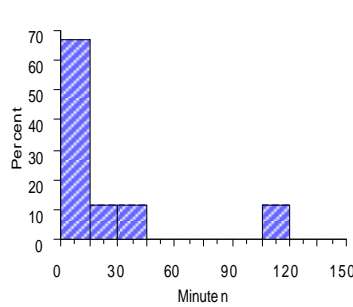
Keine Versuchsperson erfährt einen negativen Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Valenz'. Kein Proband weist einen positiven Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Valenz' auf.

Nur eine Person weist für die 'rechte Hand' mit der Variable 'Valenz' einen negativen Zusammenhang auf, bei gleichzeitig positivem mit der 'linken Hand'. Keine Person zeigt das Umgekehrte: einen positiven Zusammenhang zwischen rechter Hand und 'Valenz' bei gleichzeitig negativem Zusammenhang zwischen der 'linken Hand' und 'Valenz'.

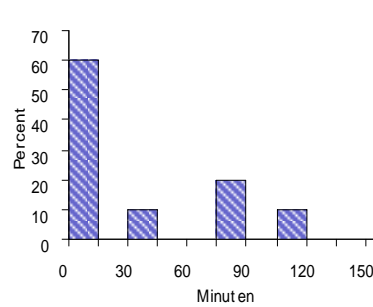
Kreuzkorrelationen: Zeitreihen der taktilen Diskrimination und der 'Valenz' der Gruppe Orientierung

Das Histogramm zeigt um wieviel Lags man die Zeitreihe 'Valenz' über die der 'linken Hand' verschieben muß um eine positive Phasenübereinstimmung zu erhalten.

Das Histogramm zeigt um wieviel Lags man die Zeitreihe 'Valenz' über die der 'rechten Hand' verschieben muß um eine positive Phasenübereinstimmung zu erhalten.



From (>)	To (≤)	Percent
0	15	67
15	30	11
30	45	11
45	60	0
60	75	0
75	90	0
90	105	0
105	120	11
120	135	0
135	150	0
Total		100



From (>)	To (≤)	Percent
0	15	60
15	30	0
30	45	10
45	60	0
60	75	0
75	90	20
90	105	0
105	120	10
120	135	0
135	150	0
Total		100

67% der Versuchspersonen zeigen nach einer Verschiebung um ein Lag eine Phasenübereinstimmung zwischen den beiden Zeitreihenverläufen. Die 'Valenz' verändert sich bei Phase mit der 'linken Hand' mit einer Latenz von nur 0-15 Minuten. 60% der Versuchspersonen zeigen nach einer Verschiebung um ein Lag eine Phasenübereinstimmung zwischen den beiden Zeitreihenverläufen. Die 'Valenz' verändert sich bei Phase mit der 'rechten Hand' mit einer Latenz von nur 0-15 Minuten.

'Rechte' und 'linke Hand' zeigen hier eine hohe positive Korrelation schon bei einer Verschiebung um ein Lag der Zeitreihe 'Valenz' über die Zeitreihen der Hände. Diese Übereinstimmung verwundert insofern nicht, als die Phasenverläufe der beiden Hände in dieser Gruppe bei 90% der Versuchspersonen deutlich positiv korrelieren.

9.7.2.2. Dominanz

Tabelle 75 Signifikante Korrelationen der Zeitreihen 'Dominanz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe *Akha*

	'linke Hand'		'rechte Hand'	
	Korrelatio	p	Korrelatio	p
AABIA			-.457	.0053
AABMIA			.847	<.0001
AADIJA			-.328	.0578
AADJA	-.679	<.0001	-.769	<.0001
AADU	.734	.0030	-.486	.0043
AAMI	.602	.0002	-.368	.0378
AANUNG			-.473	.0031
AAO	-.403	.0173	-.628	<.0001
AMIDI	.416	.0110	-.343	.0401
AABH1	.494	.0019	.652	<.0001
AABH2	.739	<.0001	-.411	.0186
AAHGA			.374	.0344
AAHJA			.435	.0094
AAJAE			-.369	.0337
AAPI	.297	.0986	.563	.0006
AAPPA	-.479	.0027		
AASOE	-.494	.0131	.357	.0874

Die Variable 'Selbstsicherheit' schwingt bei 18 Personen der Gruppe *Akha* tendenziell **gegenphasig** zum Phasenverlauf der 'rechten Hand', wie in nachfolgender Abbildung dargestellt. Dies ergibt sich für zehn Versuchsteilnehmer (37%) signifikant; bei sechs Personen (22%) ist der Verlauf signifikant gleichphasig.

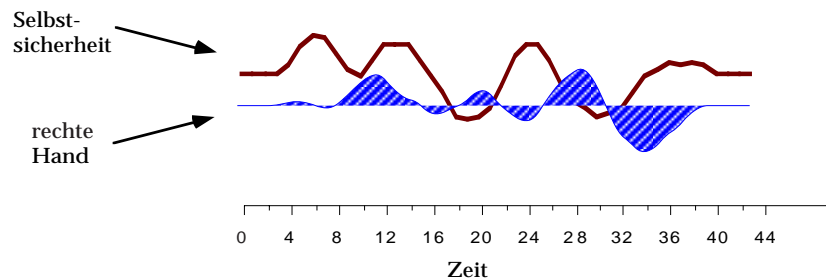


Abb. 75 Beispiel Darstellung (Vpn Aate) für den negativen Phasenzusammenhang zwischen den Schwankungen der 'Selbstsicherheit' und der taktilen Diskriminationsleistung. Dargestellt sind (für jede Variable) die Schwankungen um den jeweiligen Mittelwert.

Dabei zeigen acht Personen statistisch signifikante Zusammenhänge für **beide 'Hände'** mit der Befindlichkeit.

Zwei Probanden zeigen für die 'rechte Hand' einen positiven Phasenzusammenhang mit der Befindlichkeit und für die 'linke Hand' einen negativen. Folglich steigt das gute Befinden mit guter Leistung der rechten Hand, bei gleichzeitig schlechter Leistung der linken Hand. Dann wieder sinkt das Befinden parallel zur nachlassenden linkshemisphärischen Leistung (rechte Hand) bei gleichzeitig steigender rechtshemisphärischer Leistung (linke Hand).

Zwei Probanden zeigen den 'Hand'-'Selbstsicherheits'-Zusammenhang in genau umgekehrter Weise: Bei ihnen steigt und fällt die 'Dominanz' zusammen mit dem Phasenverlauf der 'linken Hand' (rechte Hemisphäre) und bildet sich gleichzeitig gegenphasig zur rechten Hand (linke Hemisphäre) ab.

Bei zwei weiteren Personen verläuft die 'Selbstsicherheit' gegenphasig zur 'linken' und 'rechten Hand' und bei ebenso vielen Personen gleichphasig zu beiden 'Händen'.

Tabelle 76 Signifikante Korrelationen der Zeitreihen 'Dominanz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe *Dichotisches Hören*

	'linke Hand'		'rechte Hand'	
	Korrelatio	p	Korrelatio	p
DASTM	-.309	.0661		
DBRIB	-.333	.0467	-.567	.0002
DDANT	.331	.0483		
DSUSS	.398	.0155		
DINGK	-.601	<.0001		
DJUEK			-.606	<.0001

DPAUP	.612	<.0001	.534	.0006
DRALT	-.291	.0856		
DSTEK			.335	.0457
DTORJ	-.327	.0509		

Bei nur vier Probanden aus dieser Gruppe korreliert die 'Selbstsicherheit' signifikant mit dem Verlauf der rechten Hand(29%): bei zwei Personen negativ, d.h. in Antiphase, bei zwei weiteren Personen dagegen in Phase.

Bei acht Probanden aus dieser Gruppe korreliert die 'Selbstsicherheit' dagegen signifikant mit dem Verlauf der 'linken Hand' (57%): bei 5 Personen negativ, d.h. in Antiphase, bei drei Personen positiv, d.h. in Phase .

Zwei Personen zeigen statistisch signifikante Zusammenhänge für beide 'Hände' mit der Befindlichkeit: einmal gegenphasig im anderen Fall gleichphasig.

- Korrelationen der Zeitreihen 'Dominanz' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe *Orientierung*

Hier ergibt sich nur für drei Personen (30%) ein signifikanter Zusammenhang zwischen der 'rechten Hand' und der 'Selbstsicherheit': Zwei Personen zeigen einen positiven Zusammenhang (Ojoes: $r = .471$; $p = .0033$ und Opatr: $r = .702$; $p < .0001$). Eine weitere Person erfährt einen negativen Trend (Oolil: $r = -.306$; $p = .0699$). Eine Person erfährt einen negativen Trend zw. 'Selbstsicherheit' und 'linker Hand' (Okatb: $r = -.309$; $p = .0666$). Zwei weitere Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang (Oklah: $r = .297$; $p = .0786$ und Ostre: $r = .358$; $p = .0313$)

Keine Person erfährt hier statistisch signifikante Zusammenhänge für beide 'Hände' mit der 'Selbstsicherheit'.

9.7.2.3. Arousal

Tabelle 77 Signifikante Korrelationen der Zeitreihen 'Arousal' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe *Akha*

	'linke Hand'		'rechte Hand'	
	Korrelatio	p	Korrelatio	p
AABIA	.292	.0890		
AABMIA	.603	.0090	.861	<.0001
AADIJA	-.443	.0081	-.430	.0104
AADJA	.651	<.0001	.845	<.0001
AADU	.409	.0192		
AAGA	.920	<.0001		
AAMI	-.673	<.0001	-.365	.0394
AANUNG	-.431	.0080	-.534	.0006
AMIDI	-.494	.0019		
ASOLI			-.423	.0170
AABH2	-.381	.0307	-.383	.0298
AAGO	.700	<.0001	-.645	<.0001
AAHGA			-.549	.0009
AAHJA	.564	.0004	-.449	.0071
AAJAE	.403	.0193	.428	.0122
AALA	-.323	.0540	.302	.0734
AAMIA	-.453	.0057	-.424	.0104
AAPI			.595	.0002
AAPPA			-.491	.0020
AATE	.321	.0557	-.310	.0654
AATU	-.330	.0492	-.386	.0194
AMODSCHU	.317	.0596	.602	<.0001

Bei 18 der 28 Personen (64%) besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der rechten Hand und dem 'Arousal'. Sechs Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und zwölf Personen zeigen eine negative Korrelation. Bei 18 Personen dieser Gruppe besteht ebenso ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der 'linken Hand' und dem 'Arousal'. Zehn Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und acht Personen zeigen eine negative Korrelation. Zehn *Akha* (36%) zeigen keine signifikante Parallelität zwischen den Händen und dem 'Arousal'.

Sechs Versuchspersonen zeigen einen negativen Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Arousal'. Vier weitere Probanden weisen einen positiven Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Arousal' auf. Drei Personen weisen für die 'rechte Hand' mit der Variable 'Arousal' einen negativen Zusammenhang auf bei gleichzeitig positivem mit der 'linken Hand'. Eine Person erfährt das Umgekehrte: einen positiven Zusammenhang zwischen rechter Hand und 'Arousal' bei gleichzeitig negativem Zusammenhang mit der 'linken Hand' und 'Arousal'.

Tabelle 78 Signifikante Korrelationen der Zeitreihen 'Arousal' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe *Dichotisches Hören*

	'linke Hand'		'rechte Hand'	
	Korrelatio	p	Korrelatio	p
DASTM	-.542	.0005		
DBRIB			-.483	.0024
DDANT	-.504	.0014	-.387	.0191
DMANL			.535	.0006
DSILH			.652	<.0001
DSUSS	.664	<.0001		
DINGK	-.555	.0002		
DJUEK			-.307	.0688
DNORM	-.356	.0324	-.514	.0011
DPAUP				

DRALT	-.576	.0002		
DSTEK	-.350	.0360	-.544	.0005
DTORJ	-.425	.0092		

Bei sieben Probanden (50%) besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der 'rechten Hand' und dem 'Arousal'. Zwei Personen zeigen einen positiven Phasenzusammenhang und fünf Personen zeigen eine negative Korrelation.

Bei acht Personen (57%) dieser Gruppe besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der 'linken Hand' und dem 'Arousal'. Eine Person zeigt einen positiven Phasenzusammenhang und sieben Personen zeigen eine negative Korrelation.

50% zeigen damit keine signifikante Parallelität zwischen den 'Händen' und dem 'Arousal'.

Drei Versuchspersonen zeigen einen negativen Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Arousal'. Kein Proband weist einen positiven Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Arousal' auf.

Tabelle 79 Signifikante Korrelationen der Zeitreihen 'Arousal' vs 'rechte' und 'linke Hand' in der Gruppe Orientierung

	'linke Hand'		'rechte Hand'	
	Korrelatio	p	Korrelatio	p
OCHRN	-.418	.0105	-.391	.0178
OPATR	-.345	.0386		
OSTRE	.546	.0004		
OULRK	-.495	.0018		
OJOES	-.396	.0161		
OOLIL	-.438	.0070		
ORALW			.389	.0183

Bei zwei Personen (20%) besteht ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der rechten Hand und dem 'Arousal'. Eine Person erfährt einen positiven Phasenzusammenhang und eine Person zeigt eine negative Korrelation.

Bei sechs Personen (60%) dieser Gruppe besteht dagegen ein signifikanter Phasenzusammenhang zwischen der 'linken Hand' und dem 'Arousal'. Nur eine Person zeigt einen positiven Phasenzusammenhang und fünf Personen zeigen eine negative Korrelation.

Drei Studenten (30%) zeigen keine signifikante Parallelität zwischen den 'Händen' und dem 'Arousal'.

Eine Versuchsperson erfährt einen negativen Phasenzusammenhang für beide 'Hände' mit der Variable 'Arousal'.

9.7.3. Zusammenfassung der statistisch signifikanten, korrelativen Zusammenhänge zwischen den Hände-Zeitreihen und der Zeitreihen der Dimensionen 'Befindlichkeit'

9.7.3.1. Gruppenzusammenfassung (*Akha*, *Dichotisches Hören*, *Orientierung*)

Tabelle 80 Für die Ebene 'Valenz'

	'linke Hand'	'rechte Hand'	Lateralisierung
<i>Akha</i>	korreliert negativ r = -.168, p < .0001	korreliert negativ r = -.146, p < .0001	n.s.
<i>Dichotisches Hören</i>	n.s.	n.s.	korreliert positiv r = .150, p = .0007
<i>Orientierung</i>	korreliert positiv r = .342, p < .0001	korreliert positiv r = .323, p < .0001	korreliert negativ r = -.102, p = .0531

Über die Gruppe *Akha* betrachtet, ergibt der Einzelvergleich der 'Hände' mit der 'Valenz' einen **signifikant negativen** Zusammenhang, sowohl für die 'linke Hand' mit dem 'Befinden' (r = -.168, p < .0001), als auch für die 'rechte Hand' (r = -.146, p < .0001). Der Zusammenhang zwischen der 'Valenz' und dem Phasenvergleich der Lateralisierung ist zwar positiv, aber nicht signifikant.

Über die Gruppe *Dichotisches Hören* betrachtet, ergibt der Einzelvergleich der 'Hände' mit der 'Valenz' **keinen signifikanten** Zusammenhang, weder für den negativen Zusammenhang zwischen der 'linken Hand' mit dem 'Befinden', noch für den positiven Zusammenhang der 'rechten Hand' mit der 'Valenz'. Der Zusammenhang zwischen der 'Valenz' und dem Phasenverlauf der Lateralisierung dagegen ist **positiv signifikant** (r = .150, p = .0007).

Über die Gruppe *Orientierung* betrachtet, ergibt der Einzelvergleich der 'Hände' mit der 'Valenz' einen **signifikant positiven** Zusammenhang sowohl für die 'linke Hand' mit dem Befinden (r = .342, p < .0001), als auch für die 'rechte Hand' (r = .323, p < .0001). Für den Zusammenhang zwischen der 'Valenz' und der Lateralisierung besteht ein **negativ signifikant** Trend (r = -.102, p = .0531).

Tabelle 81 Für die Ebene 'Dominanz'

	'linke Hand'	'rechte Hand'	Lateralisierung
<i>Akha</i>	negativ r = -.175 p<.0001	negativ r = -.230 p<.0001	negativ r = -.086 p = .0099
<i>Dichotisches Hören</i>	negativ r = -.185 p<.0001	n.s.	positiv r = .178, p<.0001
<i>Orientierung</i>	positiv r = .235 p<.0001	positiv r = .319 p<.0001	positiv r = .147 p = .0050

Über die Gruppe *Akha* betrachtet, ergibt der Einzelvergleich der 'Hände' mit der Dimension 'Dominanz' einen **signifikant negativen** Zusammenhang sowohl für die 'linke Hand' (r = -.175, p<.0001), als auch für die 'rechte Hand' (r = -.230, p <.0001). Der Zusammenhang zwischen der 'Selbstsicherheit' und dem Phasenverlauf der Lateralisierung verhält sich **signifikant negativ** (r = -.086, p = .0099).

Über die Gruppe *Dichotisches Hören* betrachtet, ergibt der Einzelvergleich der 'Hände' mit der Dimension 'Dominanz' einen **signifikant negativen** Zusammenhang für die 'linke Hand' (r = -.185, p <.0001). 'Rechte Hand' und 'Selbstsicherheit' korrelieren ebenso negativ, aber nicht signifikant (r = -.055, p <.2216). Der Zusammenhang zwischen der 'Selbstsicherheit' und dem Phasenverlauf der Lateralisierung verhält sich **signifikant positiv** (r = .178, p <.0001).

Über die Gruppe *Orientierung* betrachtet, ergibt der Einzelvergleich der 'Hände' mit der Dimension 'Dominanz' einen **signifikant positiven** Zusammenhang sowohl für die 'linke Hand' (r = .235, p<.0001), als auch für die 'rechte Hand' (r = .319, p <.0001). Der Zusammenhang zwischen der 'Selbstsicherheit' und dem Phasenverlauf der Lateralisierung verhält sich ebenso **signifikant positiv** (r = .147, p = .0050).

Tabelle 82 Für die Ebene 'Arousal'

	'linke Hand'	'rechte Hand'	Lateralisierung
<i>Akha</i>	korreliert negativ r = .187, p<.0001	korreliert negativ r = -.238, p<.0001	korreliert negativ r = -.060, p = .0709
<i>Dichotisches Hören</i>	n.s.	n.s.	n.s.
<i>Orientierung</i>	n.s.	n.s.	n.s.

Über die Gruppe *Akha* betrachtet, ergibt der Einzelvergleich der 'Hände' mit der Dimension 'Arousal' einen **signifikant negativen** Zusammenhang sowohl für die Phasenschwankungen der 'linken Hand' (r = -.187, p <.0001), als auch für die 'rechte Hand' (r = -.238, p <.0001). Der Zusammenhang zwischen der 'Erregung' und dem Phasenverlauf der Lateralisierung verhält sich auf Trendniveau ebenso **signifikant negativ** (r = -.060, p = .0709).

Über die Gruppe *Dichotisches Hören* betrachtet, ergibt weder der Einzelvergleich der beiden 'Hände' mit der Dimension 'Arousal' einen signifikanten Zusammenhang, noch der Vergleich zwischen der 'Erregung' und dem Phasenverlauf der Lateralisierung.

Ebenso in der Gruppe *Orientierung*: Weder der Einzelvergleich der beiden 'Hände' mit der Dimension 'Arousal' ergibt einen statistisch signifikanten Zusammenhang, noch der Vergleich zwischen der 'Erregung' und dem Phasenverlauf der Lateralisierung.

9.7.3.2. Gruppenunabhängige Übersicht

Tabelle 83 Gruppenunabhängiger Überblick der statistisch signifikanten, korrelativen Zusammenhänge zwischen den Hände-Zeitreihen aller Versuchspersonen und den Zeitreihen aus den Dimensionen der Befindlichkeit:

	‘linke Hand’	‘rechte Hand’	Lateralisierung
‘Valenz’	negativ r = -.056 p = .0198	n.s.	n.s.
‘Arousal’	negativ r = -.249 p < .0001	negativ r = -.287 p < .0001	negativ r = -.049 p < .0385
‘Dominanz’	negativ r = -.145 p < .0001	negativ r = -.130 p < .0001	n.s.

9.7.4. Zusammenfassung und Diskussion: Hemisphärenlateralisierung und emotionale Befindlichkeit

Frühere Arbeiten über den Zusammenhang zwischen der subjektiven Befindlichkeit und der Hemisphärenlateralisierung lassen den Schluß zu, daß sich die beiden Seiten des Gehirns bezüglich der, von ihnen unterstützten emotionalen Zustände, unterscheiden. Der rechten Hemisphäre wird dabei eine generelle Überlegenheit in der Verarbeitung und Kontrolle von Emotionen zugesprochen. Untersuchungsergebnisse legen nahe, daß eintreffende Stimuli rechtshemisphärisch negativ affektiv bewertet werden und im Gegensatz dazu, linkshemisphärisch positiv affektiv empfunden werden. Tucker (1981) kommt nach einem kritischen Literaturüberblick zu der Auffassung, daß die beiden Hemisphären für verschiedene emotionale Valenzen spezialisiert sind, und sich damit der Einfluß der lateralisierten Arousalssysteme auf die Hemisphären auswirkt; deren Interaktion wiederum auf das emotionale Erleben, sowie auf kognitive Konzepte. Nach diesen Befunden würde die rechtshemisphärische Leistung von einer angemessenen Befindlichkeit ebenso abhängen, wie umgekehrt, die wahrgenommene Befindlichkeit vom Arousalniveau der Hemisphäre. Die affektiven Wechsel im Befinden der Person würden den Arousal-Prozeß der Hemisphären widerspiegeln.

Theoriegeleitet wurde daraufhin folgende Annahmen gemacht: Wenn Oszillatoren die Hemisphären im ultradianen Zeitbereich aktivieren, so müßte die emotionale Befindlichkeit im Zusammenhang mit dem Phasenverlauf der lateralisierten Aktivitätszyklen der Hemisphären schwanken.

Daraus ergab sich Hypothese 2 für die Befindlichkeit: daß sich nämlich die emotionale Befindlichkeit parallel zum Phasenverlauf der lateralisierten Leistungsschwankungen verändert. Demnach ginge positives emotionales Befinden mit guter Leistung der rechten Hand/linken Hemisphäre, negatives emotionales Befinden mit guter linkshändiger/ rechtshemisphärischer Leistung einher.

Auf Einzelpersonenniveau zeigte sich nun eine deutliche Inhomogenität in den Phasenzusammenhängen zwischen der ‘linken’ und ‘rechten Hand’ mit den Dimensionen ‘Valenz’, ‘Dominanz’ und ‘Arousal’, aber auch mit der Lateralisierungszeitreihe.

Über alle Versuchspersonen, ohne Rücksicht auf die Gruppenzuordnung verliefen die periodischen Schwankungen der ‘linken Hand’ (rechte Hemisphäre) unserer Versuchspersonen in der taktilen Diskriminationsleistung gegenphasig zu den Schwankungen in der emotionalen Befindlichkeit (‘Valenz’). Das bedeutet, wenn die ‘linke Hand’ (rechte Hemisphäre) gute Ergebnisse zeigte, wurde gleichzeitig die subjektive Befindlichkeit negativ affektiv bewertet. Wenn die ‘Valenz’ positiv war, erzielte die ‘linke Hand’ (rechte Hemisphäre) schlechte Ergebnisse.

Vergleicht man diesen allgemeinen Befund mit den Ergebnissen in den einzelnen Untergruppen (*Akha*, *Dichotisches Hören* und *Orientierung*) so zeigt sich, daß dieser Effekt durch die Gruppen *Akha*, die dieses Ergebnis bei großer Gruppenstärke in signifikanter Weise zeigte, und die Gruppe *Dichotisches Hören* erklärt werden kann. Die Gegenphasigkeit zwischen ‘linker Hand’ und ‘Valenz’ war zwar auch in der dichotischen Hörgruppe vorhanden, wurde aber nicht statistisch bedeutsam. Dafür aber ergab sich für die dichotische Hörgruppe die erwartete, signifikant positive Korrelation zwischen dem Phasenverlauf der Lateralisierung (Hände) und der ‘Valenz’, d.h. das emotionale Befinden

war gut, während Phasen von rechtshändiger (linkshemisphärischer) Überlegenheit und wurde schlechter während Phasen linkshändiger (rechtshemisphärischer) Überlegenheit.

Die Gruppe *Orientierung* dagegen wies den umgekehrten Befund auf: einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen 'linker Hand' und 'Valenz', worauf auch der negative Zusammenhang mit der Lateralisierung in dieser Gruppe hindeutete: Immer, wenn die Stimmung positiv war, bestand auch eine linkshändige (rechtshemisphärische) Überlegenheit.

Für die Gruppen *Dichotisches Hören* (verbale Aufgabe) und *Orientierung* (räumliche Aufgabe), läßt sich dieses Ergebnis im Hinblick auf die unterschiedlichen Aufgaben erklären. In linkshemisphärischen Hochleistungsphasen waren die Probanden der dichotischen Hörgruppe leichter in der Lage die verbale Aufgabe befriedigend zu lösen, sodaß sie, nach ihrem Befinden befragt, positive Werte angaben. In rechtshemisphärischen Hochleistungsphasen dagegen, waren die Probanden der *Orientierungsgruppe* eher in der Lage ihre räumliche Aufgabe zu lösen, sodaß diese sich nun in diesem Stadium positiv über ihr Befinden äußerten.

Insgesamt entsprechen in der Gruppe Akha 43%, in der Gruppe Dichotisches Hören 50% und in der Gruppe Orientierung 30 % der Hypothese einer guten Befindlichkeit während linkshemisphärischer Aktivierung oder einer schlechten Befindlichkeit während rechtshemisphärischer Aktivierung, indem sie entweder einen negativen Phasenzusammenhang zwischen dem Leistungsverlauf der 'linken Hand' mit der 'Valenz' zeigten, oder auch einen positiven Phasenzusammenhang zwischen den Leistungsschwankungen der 'rechten Hand' und der 'Valenz' aufwiesen. Werden die Gruppen zusammengenommen betrachtet, besteht der Zusammenhang bei 42% der Versuchspersonen.

Die Teilhypothese 2, daß sich die emotionale Befindlichkeit (Valenz) parallel zum Phasenverlauf der lateralisierten Aktivitätsschwankungen verändert, kann damit nicht eindeutig bestätigt werden.

Auch für die **Dimension 'Arousal'** ergab sich auf Einzelpersonen-Niveau kein homogener Zusammenhang.

Faßte man die Befunde über die Gruppen zusammen, so ergab sich, daß 43% der Personen der Gruppe *Akha*, 64% der Gruppe *Dichotisches Hören* und 60% der Gruppe *Orientierung* einen signifikanten Phasenzusammenhang zwischen den Leistungszyklen der linken Hemisphäre und dem 'Arousal' zeigten, indem entweder die taktilen Zyklen der 'linken Hand' negativ signifikant mit der Arousalzeitreihe verliefen oder umgekehrt, die Leistungszyklen der 'rechten Hand' positiv signifikant mit den Arousalsschwankungen waren. Verrechnete man rechte und linke Hand nach dem Lateralisierungsindex so ergab sich, über alle Personen gesehen, wiederum ein signifikanter Zusammenhang: **Während Phasen mit Linkshandvorteil wurde die subjektiv erlebte Erregung hoch eingestuft. In Zeitphasen mit Rechtshandvorteil wurde die emotionale Erregung niedrig eingestuft.**

Dieses Ergebnis ist kongruent mit der im vorherigen Abschnitt (9.5.1.2) geäußerten Feststellung, daß deutsche Probanden ein hohes Erregungsniveau eher negativ bewerten. Immerhin zeigten über 60% der deutschen Versuchspersonen in Phasen rechtshemisphärischer Aktivierung hohe Arousalwerte. Nicht so die *Akha*, welche Phasen der Erregung offenbar als angenehm bewerten.

Weiterhin ergab sich für die **Dimension 'Dominanz'** auf Einzelpersonen-Niveau kein homogener Zusammenhang.

Über die einzelnen Gruppen betrachtet zeigte sich, daß die deutschen Probanden der Gruppe *Dichotisches Hören* sowie der Gruppe *Orientierung* einen positiven Phasenzusammenhang zwischen den Lateralisierungsschwankungen mit der subjektiv erlebten Selbstsicherheit aufwiesen. **Das bedeutet, daß in Phasen des Rechtshandvorteils (linkshemisphärischer Überlegenheit) das Selbstsicherheitserleben von den Probanden als hoch angegeben wurde. Darauffolgende Zeitphasen des Linkshandvorteils (rechtshemisphärische Überlegenheit) waren begleitet von niedriger Selbstsicherheit. Für die deutschen Probanden läßt sich für die sog. Konsequenz aus den Basisdimensionen Valenz und Arousal in der Ebene Selbstsicherheit zusammenfassen: Positives emotionales Erleben steht häufiger in Zusammenhang mit linkshemisphärischer Aktivierung, bei gleichzeitig niedriger Erregung.** Negatives emotionales Befinden stellt sich in Phase mit einer guten linkshändigen/ rechtshemisphärischen Leistung ein.

Für die **asiatische Akhagruppe** ergab sich auf der Dominanzebene das Gegenteil. Die *Akha* zeigten, über die Gruppe betrachtet, einen negativ signifikanten Zusammenhang zwischen dem Lateralisierungsverlauf und der Selbstsicherheit. **Sie beschrieben ihre Selbstsicherheit in Zeitphasen mit Linkshandvorteil, während rechtshemisphärischer Mehraktivierung, bei hohem Arousallevel als hoch. Ein niedriges Dominanzempfinden stellte sich in Phase mit einer guten rechtshändigen/linkshemisphärischen Leistung ein.**

Für die Differenz zwischen den Gruppen kommt als erklärende Variable, wie beschrieben, der Kulturunterschied in Frage (vgl. Abschnitt 9.5.1.2).

10) Ultradiane Rhythmen der Lokomotion und Nahrungsaufnahme (Studien IV, V)

10.1 .Theoretische Ausgangsüberlegungen

Über den Zyklizität von Lokomotion-Pause Schüben und der Nahrungsaufnahme wurden im Laufe der Zeit verschiedene Theorien aufgestellt. Diskutiert wurde sowohl deren phylogenetische Anpassungsfunktion, sowie der Sitz der 'Uhren', die diese Verhaltensweisen steuern.

Colquhoun (1981), Webb und Dube (1981) argumentierten, der ultradiane Rhythmus sei eine labile, lose organisierte Sammlung diverser Funktionen, ohne einen einzelnen Regulator, und extrem sensibel für äußere Gegebenheiten: "The ultradian rhythm appears to be a `gate` or opportunity which permits the transition to occur more easily but which may be overridden if necessary" (Colquhoun, 1981, S. 36).

Anhand des Lokomotions- und Nahrungsaufnahmeverhaltens konnte am Tier schließlich bestätigt werden, daß diese ultradianen Rhythmen unabhängig vom circadianen System generiert werden. Gerkema konnte 1991 über Nahrungs- und Lokomotionsdeprivation, sowie durch Läsionen des SCN zeigen, daß die ultradianen Nahrungs- und Lokomotionszyklen bei der Feldmaus (*Microtus arvalis*) von einer unabhängigen endogenen Uhr gesteuert werden. "It is concluded that the ultradian timing of activity in the common vole can be explained neither by homeostatic hunger or thirst mechanisms nor by homeostatic rest/activity regulation. The results strongly suggest an independent clock system generating ultradian feeding rhythms in the common vole" (Gerkema, 1991, S. 591). Die Zerstörung des SCN hatte einen Zusammenbruch des circadianen Systems bei der Maus zur Folge, ließ deren ultradiane Rhythmik der Nahrungsaufnahme und des Futtersuchverhaltens aber unverändert. Die ultradiane Rhythmizität von 2-3 Stunden setzte sich nach der Zerstörung des SCN nicht nur fort, sondern stabilisierte sich sogar noch in ihrer Periodizität, weil damit, wurde argumentiert, der circadian modulierende Einfluß ausgeschaltet war. Gerkema et al. (1990) erkannten, daß umgekehrt das circadiane System sehr labil ist, während die ultradiane Rhythmizität im Freiland und im Labor mit einer rigiden Zeitstruktur dominiert. Da Läsionen am rostralen und basalen Hypothalamus einen Zerfall des ultradianen Rhythmus zu Folge hatten, wurde auch der Sitz der ultradianen 'Uhr' dort vermutet.

Ogleich die genauen Mechanismen der Generierung ultradianer Rhythmen noch immer unbekannt sind, versuchten Gerkema et al. (1993) den Zusammenhang zwischen ultradianer und circadianer Rhythmik in einer (größeren) Studie am Tier zu ergründen. Es sollte der Einfluß der circadianen Rhythmik auf die ultradianen Nahrungsaufnahme-Zyklen (2-3h) bei der Maus (*Microtus arvalis*) geprüft werden. Nachdem gezeigt werden konnte, daß die ultradiane Rhythmik sowohl ohne circadianen Hell-Dunkel Einfluß, als auch ohne einen funktionierenden Nucleus Suprachiasmaticus erhalten bleibt, kommen die Autoren zu der Ansicht, daß das ultradiane System kein circadianes benötigt um generiert zu werden, sondern nur für dessen Phasenkontrolle. Heute wird ein endogener, ultradianer Oszillator angenommen, welcher ultradiane Nahrungsaufnahme-Schübe während des Tages generiert. Dieser Oszillator wird allerdings von der lokomotorischen Aktivität beeinflusst, welche ihrerseits vom circadianen System angetrieben und durch die Photophase synchronisiert wird.

Beim Menschen und Primaten wurde ein stabiler 1 1/2 bis 3 Stunden Rhythmus für die Magenkontraktion und die orale Aktivität sowie für das Lokomotionsbedürfnis festgestellt. Nicht wenige Autoren stellen diese Zyklizität im Wachverhalten in Zusammenhang zu den periodisch erscheinenden REM-Phasen des Schlafes. Damit referieren diese Befunde auf die BRAC-Theorie. Ferner belegen frühere Arbeiten den engen Zusammenhang von 'trieborientiertem' Verhalten und REM-Schlaf bei Tier und Mensch. Da aber kein Zusammenhang zwischen den Magenkontraktionen und den Schlafstadien, sowie zwischen den Magenkontraktionen und dem REM-NREM Zyklus gefunden werden konnte wurde argumentiert, daß es sich um zwei verschiedene Schrittmacher handeln muß. Im Wachzustand muß allerdings mit einbezogen werden, daß orale Bedürfnisse bewußter Kontrolle und Steuerung unterliegen und nicht immer sofort und spontan beantwortet werden. Sie können durch kognitive oder soziale Vorgaben verzögert, unterdrückt oder neutralisiert werden.

Nahrungsaufnahme

Die Ontogenese des Säuglings gibt Hinweise über die Entwicklung einer ultradianen Rhythmizität im Nahrungsaufnahmeverhalten. Renate Siegmund und Wulf Schiefenhövel konnten dokumentieren²⁷, daß deutsche Säuglinge, welche nach Bedarf gestillt werden, etwa ab dem dritten Lebensmonat zu einem stabilen Nahrungsaufnahme Rhythmus von 4 Stunden übergehen (etwa 7-11-15-19 Uhr).

Daß es sich bei der Nahrungsaufnahme nicht um einen Regelkreis handelt, sondern um eine endogene innere Uhr argumentierten schon Friedman und Fisher (1967) in einer frühen, heute klassischen Arbeit zur Zyklizität der Nahrungsaufnahme. Ausgehend vom Phänomen der zyklisch alternierenden REM-NREM Phasen während des Schlafes, und unter der Annahme des REM als eines phylogenetisch alten Erbes, das von pontilen Zentren und dem limbischen System kontrolliert wird, kamen Friedman und Fisher zu der Annahme, daß es sich beim 'Kommen und Gehen' der REM-Phasen um eine 'instinktive Triebaktivität' handelt, die vom Limbischen System vermittelt wird

Frühere Arbeiten hatten den engen Zusammenhang von 'trieborientiertem' Verhalten und dem REM-Schlaf bei Tier und Mensch aufgezeigt (Dement, 1965; Fisher und Dement, 1963; Hoedemaker et al., 1963). REM-Schlaf Deprivation, so wurde gefunden, erhöht andere triebgesteuerte Verhaltensweisen. Fiedman und Fisher (1967) wollten das Vorhandensein einer zyklischen Triebaktivität während des Wachzustandes mit übereinstimmender Frequenz zum Nachtschlaf überprüfen. Da orale Bedürfnisse im Wachzustand bewußt gesteuert und kontrolliert werden können, setzen die Autoren nicht voraus, daß die orale Zyklizität mit derselben Genauigkeit auftritt, wie die REM-Phasen im Schlaf. Das Sample-Intervall für die protokollierte orale Aktivität der sechs männlichen und vier weiblichen Versuchspersonen im Laborraum betrug 20 Minuten, über einen mittleren Zeitraum von sechs Stunden hinweg. Einbezogen wurde hier Essen, Trinken und Rauchen. Die Hypothese lautete: Entspannte, halbisierte Probanden (vier Besuche durch den Versuchsleiter) sollten eine Zu- und Abnahme spontaner, oraler Aktivität mit einer Zyklizität zwischen 80 und 120 Minuten zeigen. Als Ergebnis dieser Studie konnte gefunden werden, daß die orale Aktivität in einem bestimmten Rhythmus im Bereich zwischen 80 und 120 Minuten erfolgt. Die mittlere Zyklusdauer der oralen Aktivität betrug 96 Minuten. Die Autoren Friedman und Fisher bezeichneten diese Beobachtung als ein 'infantiles Muster' oraler Aktivität, welches unter diesen Versuchsbedingungen in den Vordergrund rückt. Orale Aktivität erfolgt zyklisch, unabhängig von tatsächlichen Hunger- oder Durstbedürfnissen. Ob der orale Aktivitätszyklus ein Pendant zum REM-Zyklus darstellt, oder ob die beiden Zyklen in Beziehung zueinander stehen, konnte nicht beantwortet werden.

Diese Zyklizität des 'oral-activity-cycle' konnte auch Oswald (1970) später bestätigen. Die Autoren untersuchten acht junge Erwachsene über einen Zeitraum von sechs Stunden hinweg. Die Versuchspersonen wurden einzeln in einen Raum gebracht, der durch eine Einweg-Scheibe beobachtet werden konnte. Über die sechs Stunden hinweg konnten sich die Versuchspersonen beliebig innerhalb des Raumes beschäftigen (z.B. Lesen, Schlafen, Arbeiten), sowie von den bereitgestellten Getränken, dem Obst und den Süßigkeiten zu sich nehmen. Das Sample-Intervall der protokollierten oralen Nahrungsaufnahme betrug fünf Minuten. Ferner wurden Eigenberührungen des Mund- und Nasenbereichs und das Rauchverhalten notiert. Diese beiden Variablen gingen aber nicht in die Auswertung mit ein, da die Eigenberührungen permanent und kontinuierlich mit hoher Frequenz im untersuchten Zeitraum erfolgten, sowie die Züge an Zigaretten und Pfeifen nur ungenügend zu erkennen waren. Oswald et al. (1970) konnten eine zyklische Nahrungsaufnahme mit einer Periodizität von 90 Minuten beobachten (Streuungsbereich: zw. 80 und 105 min). Sie stellen diese Zyklizität im Wachverhalten in Zusammenhang mit dem periodisch erscheinenden REM während des Schlafes.

Wada (1922) berichtete als erster von einem 90-Minuten Rhythmus der Magenkontraktionen. Nachdem deutlich wurde, daß das gezeigte Nahrungsaufnahmeverhalten und der subjektiv empfundene Hunger nur in schwacher Beziehung zu den tatsächlichen Magenkontraktionen stand (Stunkard and Fox, 1971), wurde dieser Zusammenhang genauer untersucht. Hiatt und Kripke (1975) fanden in wachen Versuchspersonen, die sich einer 10-stündigen 'Fastenstudie' unterzogen Magenkontraktionen mit Zyklen zwischen 90 und 100 Minuten. Schon 1922 hatte Wada 1.5-2 stündige Zyklen der Magenkontraktion bei schlafenden und wachenden Personen beobachtet. Dabei wurden aber keine Schlafstadien gemessen. In einer späteren Studie wollten Lavie et al. (1978) testen, ob der REM-NREM Zyklus und die zyklischen Magenkontraktionen miteinander in Beziehung stehen. Dabei wurde bei sieben Versuchspersonen

²⁷ mündliche Mitteilung

kontinuierlich der nächtliche Magendruck gemessen, sowie ein Nacht-EEG abgeleitet. Die mittlere Zykluslänge der gehäufteten Magenkontraktionen betrug 114 min. (SD 38), die des REM-NREM Zyklus 108 (SD 36). Lagen die dominanten Peaks übereinstimmend für beide Variablen im Bereich zwischen 90-110 min., so gab es einen zusätzlichen Gipfel für häufige Magenkontraktionen im Bereich zwischen 150 und 170 min. (= 2.5 - 2.8 Std.). Im Hinblick auf die Zykluslänge konnte Wada's Ergebnis bestätigt werden. Es konnte aber kein Zusammenhang zwischen den Magenkontraktionen und den Schlafstadien, sowie zwischen den Magenkontraktionen und dem REM-NREM Zyklus gefunden werden. In jedem Fall begannen die Magenkontraktionen vor der ersten REM-Phase.

Kripke et al. (1983) konnten Zyklen für das Eß- und Trinkverhalten mit einer Frequenz von 9.6-14.4 Zyklen/Tag bei ihren Versuchspersonen finden (2.5-1.67 Std.). Sehr ähnliche Zyklen konnten bei Primaten gefunden werden, unter Isolation sowie in der sozialen Gruppe (Delgado-Garcia et al., 1976; Maxim et al., 1976; Bowden et al., 1978). Die Frequenzübereinstimmung ist erstaunlich, zumal der REM non-REM Zyklus der Primaten fast doppelt so schnell ist wie der menschliche. Nahrungsaufnahme-Zyklen und Darmkontraktions-Zyklen sind über die Arten hinweg offenbar ähnlicher, als die REM non-REM Zyklen (Ruckebush und Bueno, 1977), was wiederum die Ansicht nahelegt, daß es sich hier um zwei verschiedene Schrittmacher handeln könnte.

Der REM-Schlaf, als zuverlässigster ultradianer Zyklus, weist bei verschiedenen Spezies, einschließlich dem Menschen eine enge Beziehung zur Nahrungsaufnahme auf. Übergewicht geht mit erhöhtem Anteil an REM-Phasen im Schlaf einher. Steigt die Nahrungsaufnahme und damit das Körpergewicht, so steigt auch der REM-Schlaf-Anteil; d.h. der Fettsäurespiegel im Blut scheint eng mit dem REM-Anstieg korreliert zu sein. Die Menge an REM-Schlaf ist ein besserer Prädiktor für die Nahrungsaufnahme am folgenden Tag, als der 'Slow Wave Sleep', die Wachphasen oder die vorausgegangene Nahrungsaufnahme (McGinty und Siegel, 1983).

Auch für das Rauchverhalten wurde 'orale Zyklizität' gefunden. Arakawa et al. (1993) ließen 30 junge Raucher ein Rauchtagebuch im viertelstunden Rhythmus über sieben aufeinanderfolgende Tage führen und fanden ein Rauchverhalten im 14 Z/T (= 1.7 h) Rhythmus. Daraufhin wurden Raucher über eine Zeit von neun Stunden isoliert im Labor beobachtet. Sie zeigten übereinstimmend dieselbe Zyklizität, nämlich 14 Z/T.

Lokomotion

Borbély (1978) fand einige Korrelationen zwischen der motorischen Aktivität und dem REM-Schlaf. Bei Mäusen, die unter konstanten Lichtverhältnissen (Helligkeit oder Dunkelheit) gehalten wurden, erfuhr der circadiane Wachrhythmus und der NREM-Schlaf eine deutliche Dämpfung, während sich der REM-Schlaf und die motorische Aktivität weniger veränderten (Mittler et al., 1977). In der schlafenden Ratte verursacht der Übergang vom Licht zur Dunkelheit einen Wechsel von NREM zu REM-Schlaf und im wachen Tier einen Wechsel von wenig zu viel motorischer Aktivität. Während des REM-Schlafes wurde ein kontinuierlicher hippocampaler Theta Rhythmus beobachtet, der mit motorischen Willkürbewegungen in der wachen Ratte korreliert. Es gibt eine besonders hohe Entladungsrate in den Kernen der pontinen Formatio Reticularis der Katze während des REM-Schlafes; ebenso während ihrer motorischen Aktivität (Siegel, 1989). Die beiden Variablen zeigen einen positiven Zusammenhang.

Neuronale Ableitungen im SCN zeigen die circadiane Oszillation der 'biologischen Uhr' der Säuger: hohe Aktivität während des subjektiven Tages, niedrige während der subjektiven Nacht. In einem Experiment wurde sowohl die lokomotorische Aktivität, als auch die neuronale Aktivität des SCN, sowie die anderer Hirnregionen (um den Nucleus Caudatus) in männlichen Goldhamstern aufgezeichnet. Dabei wurde festgestellt, daß Schübe lokomotorischer Aktivität mit verminderter Aktivität im SCN einhergingen, bei gleichzeitig gesteigerter neuronaler Aktivität in anderen Hirnregionen. Um die Bedeutung dieser Beobachtung zu testen (Kerbeshian et al., 1996) wurden einwöchige Aufzeichnungen der neuronalen Aktivität von fünf Hamstern mit den Protokollen der lokomotorischen Aktivität verglichen. Die Tiere zeigten eine hochsignifikante negative Korrelation. Auch nach Trendbereinigung (circadianer Trend) der Daten zeigte sich eine verminderte neuronale Aktivität im SCN bei jedem einzelnen anhaltenden Aktivitätsschub der Tiere. Beide Analysen zeigten positive Zusammenhänge zwischen Lokomotion und Aktivierung in anderen Hirnregionen,

wenn auch die Stärke der Korrelationen hier von Tier zu Tier variierte. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Gerkema et al. (1991) überein, die nach Ausschaltung des SCN unveränderte ultradiane Zyklen der Lokomotion und Nahrungsaufnahme fanden.

Daß die motorische Aktivität neben der circadianen Rhythmizität eine ultradiane Dynamik von Pause und Aktivität aufweist, wurde für viele Arten nachgewiesen (Daan und Aschoff, 1984; Hohma und Hiroshiga, 1978; Richer, 1927; Rusak, 1984). Auch bei nichtmenschlichen Primaten wurden ultradiane Rhythmen in der motorischen Aktivität mit Periodenlängen zwischen 0.5-2 Stunden gefunden (Bowden et al., 1978; Delgado et al., 1978; Delgado-García et al., 1976; Grau et al., 1975; Kripke et al., 1976; Maxim et al., 1976); ebenso bei menschlichen Föten und Neugeborenen (Aserinsky und Kleitman, 1955; Parmelee et al., 1961; Serman und Hoppenbrowsers, 1971). Diese Ergebnisse legen ein phylogenetisches Kontinuum in der zeitlichen Organisation motorischer Aktivität während der Wachphase von niederen Wirbeltieren, über Kleinsäuger bis hin zum Menschen nahe.

Globus et al. (1973) beobachteten die motorischen Aktivitätsschübe isolierter und schlafdeprivierter Erwachsener und konnten nur eine leichte ultradiane Rhythmizität finden. Die Gruppe um Kripke (Kripke et al. 1977, 1978 und Okudaira et al., 1984) untersuchte in mehreren Tagesstudien Erwachsene, die ihren gewöhnlichen sozialen Aktivitäten nachgingen und konnten keine rhythmische Lokomotion finden. Grau et al. (1995) gingen davon aus, daß die unterschiedlichen Ergebnisse aufgrund der unterschiedlichen Umwelt- bzw. Untersuchungsbedingungen zustande kommen. Gerade in solchen Experimentalsituationen, in denen die Versuchspersonen Anforderungen zu erfüllen hatte, brach die endogene ultradiane Zyklizität zusammen, bzw. wurde überlagert, während unter sozial isolierten, anforderungsfreien Situationen mit monotoner Umgebung signifikante, zyklisch wiederkehrende motorische Aktivitätsschübe gezeigt wurden. Aus diesem Grund wählten Grau et al. (1995) letztere Untersuchungsbedingung. 13 Studenten wurden über einen Zeitraum von fünf Stunden isoliert telemetrisch überwacht. Bei zwölf Personen zeigte sich eine deutliche Zyklizität in ihrer motorischen Aktivität, die in ultradianer Periode wiederkehren (zwischen 0.3 - 2.6 Std.). Sieben Versuchspersonen zeigten einen signifikanten Gipfel bei einer Periodenlänge von 1.5 Std (Streuungsbereich 1.25 bis 1.75 Std.). Die individuellen Unterschiede in der Periodenlänge bei sozial isolierten Personen sind dabei sehr hoch.

Die Autoren konnten ihre Hypothese bestätigen und die Pionierarbeit von Wada replizieren, der vor über 70 Jahren schon rhythmische Aktivitätsperioden beschrieb: „rhythmical activity periods during the day when the subject was relatively free from external stimuli“ (S. 417). Die Ergebnisse legen nahe, daß die ursprüngliche Rhythmizität durch andere Tagesaktivitäten maskiert wird. Da die Versuchspersonen keine vorgeschaltete Gewöhnungszeit an dieses Setting hatten, sondern am Versuchstag erstmals mit der Situation konfrontiert wurden, könnten die Ergebnisse auch als zyklisches Adaptieren an ein unbekanntes Umfeld interpretiert werden.

Nahrungsaufnahme- Lokomotion - Exploration und die soziale Gruppe

Die Funktion solcher zyklischer Aktivitätsschübe konnte bisher nicht erhellt werden. Wada hatte sie 1922 noch mit “hunt and eat, then rest” umschrieben. Noch Bailey et al. (1973) faßten die zyklische Erhöhung des Sauerstoffverbrauchs in ruhenden Versuchspersonen und den zyklische Körpertemperaturanstieg als “hunting reactions” auf; nämlich daß das Individuum physiologisch auf die anstrengende Jagd vorbereitet würde. Parker und Rossman (1973) sowie Pawel et al. (1972) hielten die Verhaltenseinheit ‘Lokomotion - Pause - Nahrungsaufnahme’ als phylogenetisch alte Anpassung analog zum Verhalten anderer Säuger, deren Lokomotion eigentlich die Phase der Nahrungssuche ist und das Pauseverhalten dazu dient diese anschließend aufzunehmen (Gerkema und Leest, 1991).

Auch Grau et al. (1995) verstehen dieses Verhalten als eventuellen evolutionären Atavismus, der seine funktionelle Bedeutung im täglichen Leben verloren hat. Allerdings bestätigen sie, daß sich das menschliche Aktivitätsverhalten in ein phylogenetisches Kontinuum dieser alten Mechanismen einpassen läßt, dem auch andere Arten unterliegen.

Nahrungsaufnahme und Aktivitätszyklen sind bei Säugern eng synchronisiert (Gerkema et al., 1993) und zwar insofern, daß je nach Nahrungserwerbsstrategie (z.B. Jagen) und Nahrungssuche (Sammeln) der Aktivitätszyklus vom Nahrungsaufnahmezyklus ‘mitgenommen’ (entrainment) wird. Hier spielt frühes Lernen eine Rolle, nämlich die Antizipation der Verfügbarkeit von Nahrung welche die gastrointestinale Hormonausschüttung ansteigen läßt. Gelernte Verfügbarkeit von Nahrung wäre der exogene Zeitgeber für den endogenen Rhythmus der Nahrungsaufnahme. Verhält sich der Zeitgeber

rhythmisch, so bleiben die Nahrungsaufnahmezyklen auch nach Läsion des SCN intakt. Eine Läsion des, als 'Sättigungszentrum' identifizierten VHM dagegen, zerstört den antizipatorischen Nahrungssuche-Rhythmus.

Auch beim Rhesus-Affen konnte eine ultradiane Rhythmizität für den Verhaltenskomplex 'Nahrungsaufnahme-Lokomotion-Exploration' mit einer Frequenz von 12-18 Z/T, d.h. eine 80-120 min. Periodizität gefunden werden (Bowden, 1978).

Ebenso wurde die Bedeutung lokomotorischer Aktivität in einem anderen Verhaltenszusammenhang entdeckt. Delgado-García und seine Mitarbeiter (1976) untersuchten über 24 Std. mit telemetrischer Messung die motorische Aktivität und das Verhalten von elf Rhesus-Affen zunächst unter Isolationsbedingungen, später in der sozialen Gruppe. Adaptiert an die experimentelle Bedingung zeigten alle Tiere zyklisch alternierende Phasen von Lokomotion und Pause (9-10 Zyklen pro 12 Std. Tageslicht, d.h. 70-80 min.). Für die 12stündige Nachtphase wurden zwei dominante Perioden gefunden, eine langsamer (103-144 min.) und eine schneller (48 min.) als die Tagesperiodizität.

Delgado-Garcia et al. fanden, daß sich soziale Beziehungen synchronisierend auf die ultradianen Phasen auswirken. Gefunden wurde, daß sich die rhythmischen, motorischen Aktivitäten zweier Tiere aneinander anpaßten. Im Gegensatz zu dem Ergebnis von Maxim et al. (1976) hatte der soziale Rang keinen Einfluß darauf, welches Tier seinen Rhythmus beibehält und welches seinen ursprünglichen Rhythmus aufgibt, um sich der Phase des anderen anzupassen. Im Gegenteil: submissive Tiere versuchten häufiger Kontakt zu initiieren und zu Aktivität aufzufordern.

10.2. Hypothesen

Wenn das Pause-Aktivitätsverhalten während des Tages ein Fortlauf des nächtlichen Basic-Rest (*linke Hemisphäre*) - Activity (*rechte Hemisphäre*) -Cycles ist, lautet der Grundgedanke bezogen auf die lateralisierten Ultradianrhythmen: Die lokomotorische Exploration des Geländes bedarf während der Nahrungssuche (mit anschließender Nahrungsaufnahme) rechtshemisphärischer Eigenschaften und rechtshemisphärischer Aktivierung, in der anschließenden Ruhephase werden diese dann absinken.

Unterliegen damit Verhaltensweisen wie Lokomotion-Pause und Nahrungsaufnahme einer ultradianen Frequenz? Gibt es ferner einen stabilen Zusammenhang zwischen den taktilen Leistungsschwankungen der Hände und dem Auftreten dieser Verhaltensweisen?

Die Hauptthese postuliert, daß die orale Aktivität der Nahrungsaufnahme sowie das Lokomotionsbedürfnis kulturübergreifend, periodisch in ultradianen Schüben von 80-120 Minuten auftritt.

Teilthese 1 postuliert, daß Phasen der Nahrungsaufnahme als Analogon der nächtlichen REM-Phasen (rechtshemisphärische Aktivierung) parallel zur linkshändigen Überlegenheit auftreten, d.h. in Gegenphase zur Lateralisierung oszillieren.

10.3. Methoden und Datenauswertung

Lokomotion

Die pedometrisch aufgezeichneten, individuellen Lokomotionsschübe (m/15 min.) zwischen den 32 Meßpunkten wurden, wie die Zeitreihen des taktilen Diskriminationstest als Funktion der Tageszeit abgetragen. Die so entstandenen Lokomotions-Zeitreihen wurden in der weiteren Datenverarbeitung analog der Hände-Zeitreihen behandelt.

Nahrungsaufnahme

Zur Datenauswertung wurden die protokollierten Zeitpunkte der Nahrungsaufnahme jeder Versuchsperson den 32 Viertelstunden der Testeinheiten zugeordnet und mit '0' für keine Nahrungsaufnahme und '1' für Nahrungsaufnahme bewertet. Die so entstandenen Nahrungsaufnahme-Zeitreihen wurden in der weiteren Analyse behandelt wie die Hände-Zeitreihen aus dem taktilen Test.

10.4. Ergebnisse

10.4.1. Periodenintervalle der Lokomotionszyklen (Gruppen: *Akha*, *Massai* und *Orientierung*)

10.4.1.1. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Lokomotionsschübe

Im Gegensatz zur Gruppe *Orientierung* war den *Akha* keine lokomotorische Aufgabe gestellt worden. Ihre Lokomotionsphasen kommen durch Reisernte-Arbeiten auf dem Feld, durch Arbeiten in den Gemüsegärten, durch Arbeiten im Dorf oder im Verlauf eines arbeitsfreien Tages zustande. Allerdings handelt es sich hier nicht um Beobachtungen an isolierten Einzelpersonen, die sich bedingungslos frei bewegen konnten. Zumeist verhielten sich unsere Testpersonen dieser Kulturgruppe synchron zur Gruppenbewegung der anderen Dorfmitglieder und dem Sonnenstand. In der Regel bestimmte eine dominante Person wann Pausen gemacht wurden.

Wellenfeld 'Lokomotionsphasen' der Gruppe *Akha*

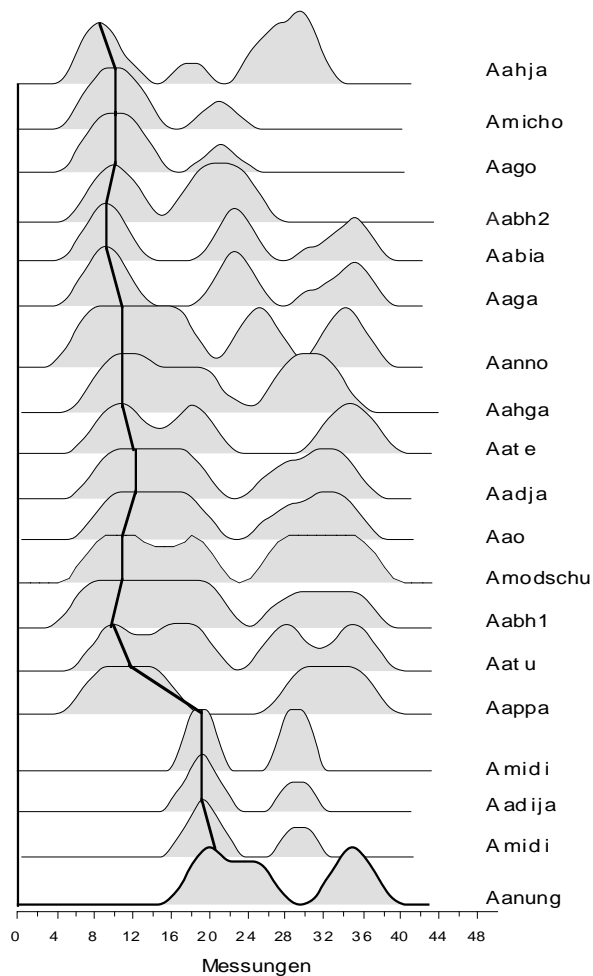


Abb. 76 Um die Lokomotionsverläufe der einzelnen Versuchspersonen visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der Probanden untereinander synchronisiert auf den Tages-/Meßbeginn abgebildet. Die Graphiken vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als wären die Probanden alle zur selben Zeit in ihrem lokomotorischen Verhalten protokolliert worden. Verbinden wurde das jeweils erste Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie.

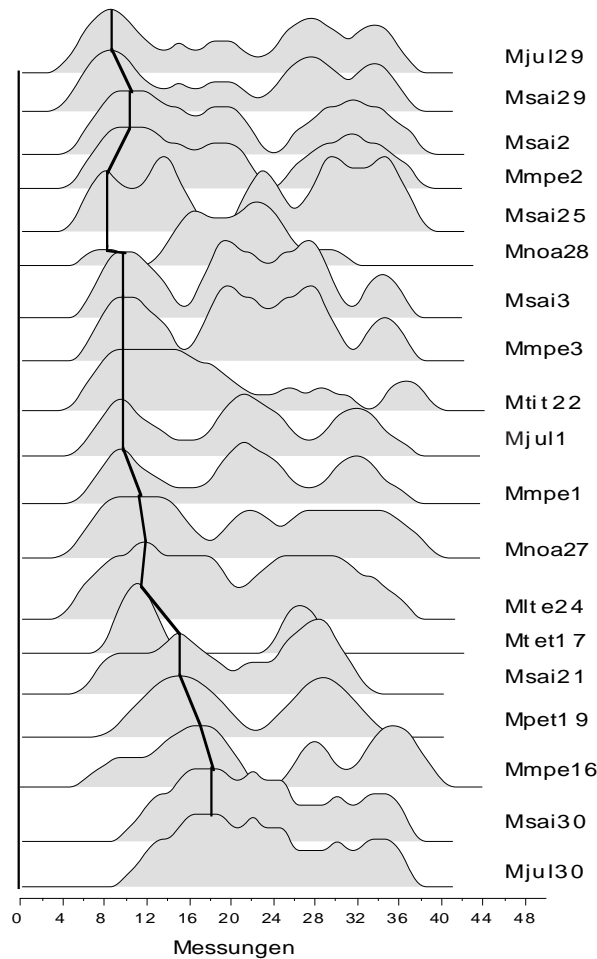
Wellenfeld 'Lokomotionsphasen' der Gruppe *Massai*

Abb. 77 Um die Lokomotionsverläufe der einzelnen Versuchspersonen visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) der Probanden untereinander synchronisiert auf den Tages-/Meßbeginn abgebildet. Die Graphiken vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als wären die Probanden alle zur selben Zeit in ihrem lokomotorischen Verhalten protokolliert worden. Verbinden wurde das jeweils erste Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie.

Für das Wellenfeld 'Lokomotionsphasen' der Gruppe *Orientierung* siehe unter Abschnitt 10.4.3. 'Nahrungsaufnahme und Lokomotionszyklen der Gruppe *Orientierung*'

10.4.1.2. Periodenintervalle und Frequenzhistogramme

Tabelle 84: 'Peak-to-Peak' Frequenzen der autokorrelierten Variable 'Lokomotion' der Gruppe *Orientierung* (Filter 1; Daten nach Trendbereinigung)

Gruppe <i>Orientierung</i>			
Vpn			Frequenzen (min.)
			Variable= Lokomotion
1	fem	OBETS	165
2	fem	OCHRN	112
3	fem	OKATB	150
4	fem	OPATR	90
5	fem	OSTRE	165
6	fem	OULRK	150
Median / M			150 (138.7)
MAD / SD			15 (30.8)
7	male	OJOES	210
8	male	OKLAH	135
9	male	OOLIL	112
10	male	ORALW	135
Median / M			135 (148)
MAD / SD			11.5 (42.7)
Gesamt			Median / M
			142.5 (142.4)
			MAD / SD.
			22.5 (34)

Die Lokomotionsschübe der Frauen dieser Gruppe weisen, verglichen mit denen der männlichen Versuchspersonen (135 min.= 2.25 Std.= 10.7 Z/T), eine etwas längere Zyklizität von 150 min.= 2.5 Std.= 9.6 Z/T (Median) auf. Drei Perso-

nen (30%) zeigen eine Lokomotion-Pause Aktivität im BRAC-Bereich. Die Mehrzahl (70%) liegt in ihrer Frequenz über 120 Minuten. Insgesamt liegt die Lokomotion-Pause Aktivität der Gruppe *Orientierung* bei 142.5 min.= 2.4 Std.= 10 Z/T.

Tabelle 85: 'Peak-to-Peak' Frequenzen der autokorrelierten Variable 'Lokomotion' der Gruppe Akha (Filter 1; Daten nach Trendbereinigung)

Gruppe Akha			
	Vpn		Frequenzen (min.) Variable= Lokomotion
1	fem	AABIA	195
2	fem	AADIJA	195
3	fem	AADJA	195
4	fem	AAGA	195
5	fem	AANUNG	225
6	fem	AAO	195
7	fem	AMICHO	180
8	fem	AMIDI	150
Median / M			195 (191.2)
MAD / SD			0 (20.8)
9	male	AABH1	240
10	male	AABH2	165
11	male	AAGO	180
12	male	AAHGA	240
13	male	AAHJA	165
14	male	AANNO	135
15	male	AAPPA	210
16	male	AATE	195
17	male	AATU	135
18	male	AMODSCHU	210
Median / M			187.5 (187.5)
MAD / SD			22.5 (38.2)
Gesamt	Median / M		195 (189)
	MAD / SD		15 (30.9)

Die Lokomotionsschübe der Frauen dieser Gruppe weisen, verglichen mit denen der männlichen Versuchspersonen (187 min.= 3.1 Std.= 7.7 Z/T Median), eine etwas längere Zyklizität von 195 min.= 3.25 Std.= 7.4 Z/T (Median) auf. Keine Person zeigt eine Lokomotion-Pause Aktivität die im BRAC-Bereich. Alle Personen liegen in ihrer Frequenz über 120 Minuten. Insgesamt liegt die Lokomotion-Pause Aktivität der Gruppe *Akha* bei 195 min.= 3.25 Std.= 7.4 Z/T (Median).

Tabelle 86: 'Peak-to-Peak' Frequenzen der autokorrelierten Variable 'Lokomotion' der Gruppe Massai (Filter 1; Daten nach Trendbereinigung)

Gruppe Massai			
	Vpn		Frequenzen (min.) Variable= Lokomotion
1	male	MJUL1	82.5
2	male	MJUL29	150
3	male	MJUL30	135
4	male	MLTE24	90
5	male	MMPE1	82.5
6	male	MMPE16	150
7	male	MMPE2	135
8	male	MMPE3	135
9	male	MNOA27	180
10	male	MNOA28	105
11	male	MPET19	150
12	male	MSAI2	150
13	male	MSAI21	135
14	male	MSAI25	112
15	male	MSAI29	105
16	male	MSAI3	135
17	male	MSAI30	45
18	male	MTET17	225
19	male	MTIT22	75
Gesamt	Median / M		135 (125)
	MAD / SD		22.5 (41.3)

Fünf Personen (26%) zeigen eine Lokomotion-Pause Aktivität die im BRAC-Bereich liegt. Zwei Personen (11%) liegen in ihrer Frequenz unter 80 Minuten. 63% der Versuchspersonen liegen in ihrer Frequenz über 120 Minuten. Insgesamt liegt die Lokomotion-Pause Aktivität der Gruppe *Massai*, die nur aus Männern besteht, bei 135 min.= 2.25 Std.= 10.7 Z/T (Median).

Nachfolgende Abbildung zeigt die Periodenhistogramme der Variable 'Lokomotion':

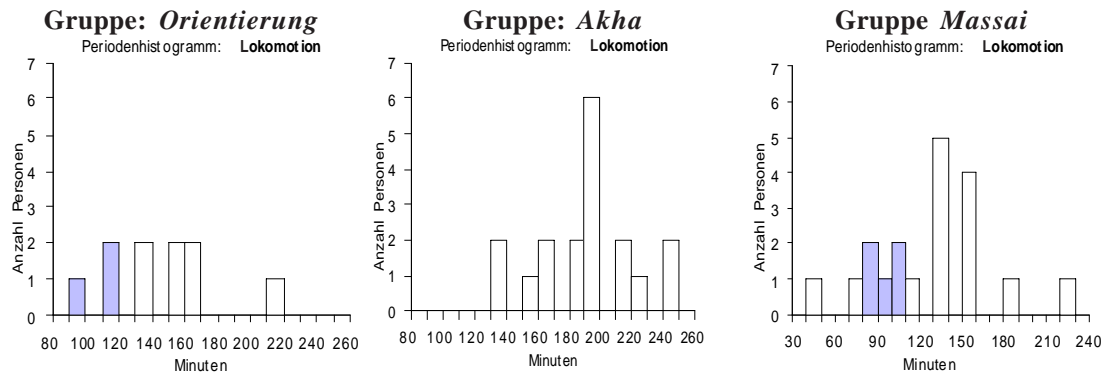


Abb. 78 Häufigkeitsverteilungen der Lokomotionszyklen in den einzelnen Gruppen. Perioden im BRAC-Bereich sind dunkel gekennzeichnet.

10.4.1.3. Zusammenfassung und Diskussion

Mit diesen Ergebnissen wird die **Hauptthese gestützt, welche besagt, daß das Lokomotionsbedürfnis kulturübergreifend, periodisch in ultradianen Schüben auftritt**. Allerdings zeigen sich die mittleren Phasenintervalle der Lokomotion **langsamer als die BRAC-Frequenz** von 80-120 Minuten (1.3-2 Std.). In der individualisierten Bedingung der Gruppe *Orientierung* im Freiland finden wir eine Periodizität von 2.4 Stunden (10 Z/T) im zyklischen Adaptieren an ein unbekanntes Umfeld. Es handelt sich dabei um Schübe räumlicher Exploration. Innerhalb des weit streuenden Frequenzspektrums zw. 90 und 210 Minuten liegen nur 30% der Personen innerhalb der BRAC-Zyklizität.

Die Gruppe *Akha*, welche zwar in ihrer lokomotorischen Aktivität nicht eingeschränkt war, ihre Mitglieder aber stark auf eine Gruppenrhythmik beschränkt, zeigt sich für die Lokomotionszyklen im Mittel eine langsamere Rhythmizität von 3.2 Stunden. Keine Person aus der Gruppe *Akha* zeigt Lokomotionsschübe im Frequenzbereich des BRAC. Für die Gruppe *Massai* schließlich, welche ihre lokomotorische Aktivität ganz auf die mitgeführten Tierherden einstellen mußte, ergibt sich eine mittlere Frequenz von 2.3 Stunden. Auch in dieser Gruppe zeigen nur 26% die Rhythmizität welche von der BRAC-Hypothese postuliert wird.

Die unterschiedliche Anforderung im Tagesverlauf nimmt einen großen Einfluß auf das Lokomotion-Pause Verhalten. Die *Akha* arbeiteten lange Zeit am Stück körperlich. Oftmals in zwei langen Zyklen mit nur einer Pausen-Unterbrechung zur Mittagszeit. Die Personen der Bedingung *Orientierung* gingen vorwiegend ihrer Aufgabe des räumlichen Mappings unter Lokomotionsbedingung nach, d.h. sie bewegten sich in mehreren kürzeren Pause-Lokomotionsphasen in dem zu erkundenden Gelände fort. Womöglich können **kürzere Streckeneinheiten besser erinnert** werden, wenn zudem noch angemessene Pausenzeiten eingehalten werden.

Beide Gruppe unterscheiden sich hinsichtlich ihres Lokomotion-Pause Verhaltens **signifikant** voneinander: [Wilcoxon Signed Rank Test: $p = .0125$; $Z = 2.497$]. In beiden Gruppen (*Orientierung*, *Akha*) **zeigten Frauen längere Lokomotionszyklen als Männer**. Wir kennen den Grund dafür nicht.

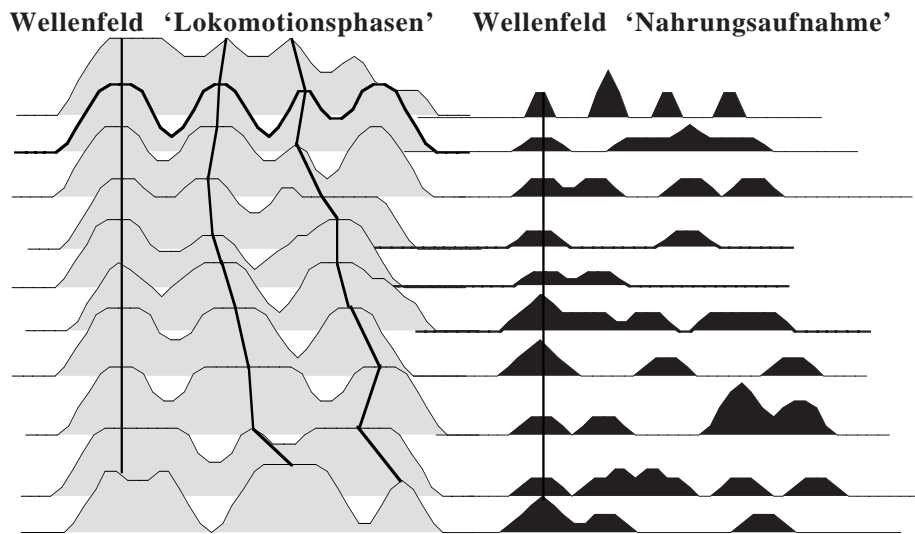
Alle drei Experimentalgruppen unserer verschiedenen Studien zeigen **längere Aktivitätszyklen**, als früheren Arbeiten gefunden wurden. Offenbar trifft die zuvor geäußerte Vermutung zu, daß **kognitive Anforderungen und externe Stimuli geeignet sind die 'ursprünglich' kürzeren Aktivitäts-Pause Phasen zu beeinflussen**, d.h. zu 'überschreiben'. Grau et al. fanden schon 1988, daß eine anforderungsfreie Situation am besten geeignet ist, ultradiane Rhythmen der Mobilität aufzuzeigen. Tagespläne scheinen die Rhythmizität eher zu überdecken (Kripke et al., 1984).

Unsere Ergebnisse passen zu den oszillatorischen Mustern welche Cliveti et al. (1993) für ihre Versuchspersonen fanden, die diese über sechs Stunden isoliert beobachteten. Die Periodenlänge der Mobilitätsschübe lag im Spektrum zw. 1.5 und 3.5 Std. Natürlich wissen wir nicht, ob unsere Versuchspersonen im isolierten, anforderungsfreien Zustand die erwartete Zyklizität von 90 Minuten besser gezeigt hätten.

10.4.3. Periodenintervalle und Phasenzusammenhänge von Nahrungsaufnahme- und Lokomotionszyklen (Gruppen: *Akha* und *Orientierung*)

10.4.3.1. Wellenfeld-Diagramme ultradianer Nahrungsaufnahmephasen

Abb. 79: Nahrungsaufnahme und Lokomotionszyklen der Gruppe *Orientierung*



Um die Lokomotionsschübe mit den Phasen der Nahrungsaufnahme visuell vergleichen zu können, wurden die geglätteten Zeitreihen (Filter 1) beider Variablen der einzelnen Versuchspersonen nebeneinander angeordnet und untereinander auf das erste deutliche Maximum der Fehlerrate synchronisiert. Die Graphiken der Abbildung vergleichen demnach die einzelnen Zeitreihen derart, als hätten die Oszillationen ihr erstes Maximum der Fehlerrate zur selben Zeit erreicht. Verbindet man das erste, zweite, dritte und vierte Maximum aufeinanderfolgender Zeitreihen nach Art einer Kammlinie, hebt sich der oszillatorische Vorgang graphisch als "Wellenfeld" hervor.

Nachfolgende Abbildung zeigt die Lokomotions- und Nahrungsaufnahmezeitreihen der Versuchspersonen untereinander angeordnet und auf den ersten Gipfel der Lokomotion synchronisiert. Auf diese Art wird deutlich, daß sowohl in ihren lokomotorischen Aktivitätsphasen, als auch in der Nahrungsaufnahme erhebliche Unterschiede zwischen der deutschen Gruppe *Orientierung* und der thailändischen *Akha*-Gruppe bestehen. Die Gruppe der deutschen nimmt häufiger Nahrung zu sich und zeigt mehr und längere Lokomotionsphasen. Die Abbildung macht ferner deutlich, daß die Lokomotionsphasen der Versuchspersonen rhythmischer auftreten und zwischen den Probanden ähnlicher sind als die Nahrungsaufnahme-Phasen.

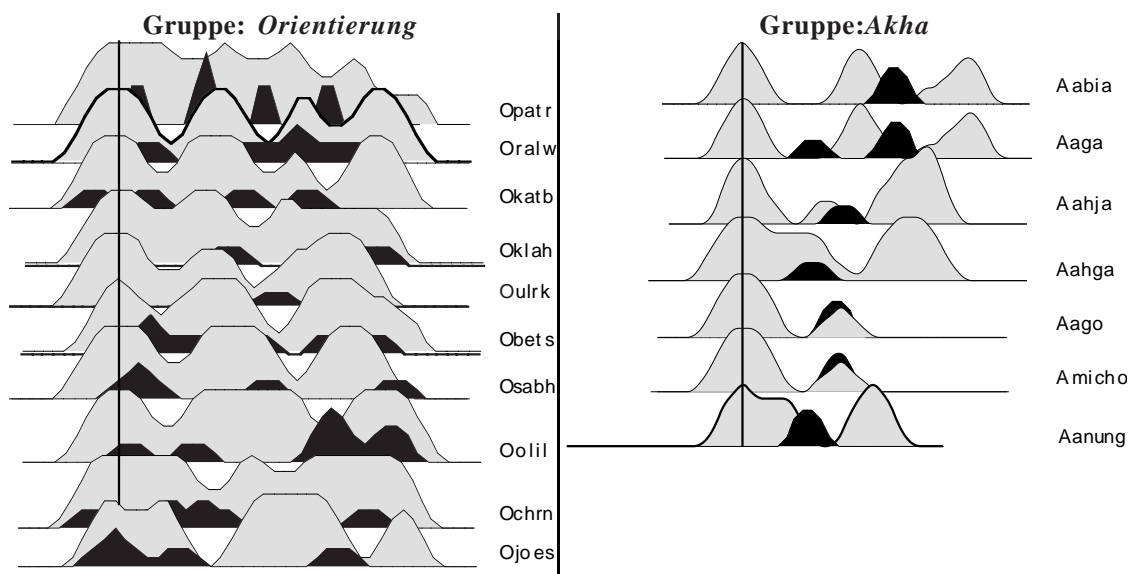


Abb. 80: Die Abbildung zeigt in ähnlicher Weise wie oben, die Phasenverläufe der Lokomotion und Nahrungsaufnahme. Diesmal wurden die Lokomotionszeitreihen (grau) auf das erste deutliche Maximum synchronisiert, untereinander so angeordnet, daß vor den lokomotorischen Schüben jeweils noch die Nahrungsaufnahmezeitreihe (schwarz) jeder Person zeitgleich zur Bewegung abgebildet wird.

10.4.3.2. Periodenintervalle und Frequenzhistogramm

Tabelle 87: 'Peak-to-Peak' Frequenzen der autokorrelierten Variable 'Nahrungsaufnahme' der Gruppe Orientierung (Filter 1; Daten nach Trendbereinigung)

Vpn		Frequenzen (min.) Variable= Nahrungsaufnahme	
1	fem	OBETS	90
2	fem	OCHRN	112.5
3	fem	OKATB	90
4	fem	OPATR	90
5	fem	OSTRE	160
6	fem	OULRK	90
Median / M		90 (105.4)	
MAD / SD		0 (28)	
7	male	OJOES	112.5
8	male	OKLAH	210
9	male	OOLIL	90
10	male	ORALW	/
Median / M		112.5 (137.5)	
MAD / SD		22.5 (63.8)	
Gesamt	Median / M	90 (116)	
	MAD / SD	0 (42)	

Die 'Peak-to-Peak' Frequenzen der autokorrelierten Variable 'Nahrungsaufnahme' weisen über die Gruppe betrachtet eine orale Zyklizität in Frequenzbereich des BRAC auf. **Dieses Ergebnis stützt die Haupthypothese, welche postuliert, daß die orale Aktivität der Nahrungsaufnahme periodisch in ultradianen Schüben von 80-120 Minuten auftritt.**

Die Tabelle zeigt, daß sieben Personen (70%) dieser Gruppe in ihrer oralen Zyklizität im BRAC-Bereich liegen. Wie in keiner anderen Variable zeigen die Versuchspersonen bei der Nahrungsaufnahme eine deutliche BRAC-Zyklizität von 90 Minuten (Median). In der Gruppe der Frauen schert eine Versuchsperson mit einer Zyklizität von 160 Minuten aus der sonst homogenen Verteilung aus. Diese Versuchsperson gab nach dem Experiment an, anorektisch zu sein.

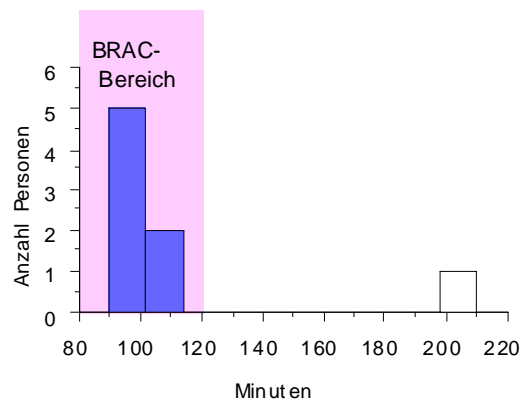


Abb. 81 Histogramm der 'Peak-to-Peak' Frequenzen in den autokorrelierten Zeitreihen 'Nahrungsaufnahme'

10.4.3.3. Zusammenhang zwischen Lokomotion und Nahrungsaufnahme in der Gruppe Orientierung

Die korrelativen Phasenzusammenhänge zwischen den Lokomotionsschüben und der Nahrungsaufnahme zeigen sich statistisch nur für vier Personen negativ signifikant (Obets: $r = -0.497$, $p = .0017$; Ochrn: $r = -.331$, $p = .0485$; Oolil: $r = -.497$, $p = .0017$; Oulrk: $r = -.380$, $p = .0215$). Alle anderen sechs Versuchspersonen zeigen keinen systematischen Zusammenhang zwischen den Variablen.

10.4-1) Hemisphärenlateralisierung, Lokomotion und Nahrungsaufnahme

10.4.-1.1. Taktile Diskrimination und Lokomotion

Bei sechs Personen der Gruppe *Akha* (33%) besteht ein signifikant negativer Phasenzusammenhang zwischen der Lateralisierungsschwankung und den Lokomotionsschüben (Aabh2: $r = -.600$, $p = .0002$; Aabia: $r = -.526$, $p = .0009$; Aadja: $r = -.388$, $p = .0224$; Aala: $r = -.317$, $p = .0593$; Anno: $r = -.746$, $p < .0001$; Aate: $r = -.566$, $p = .0002$). Nachfolgende Abbildung zeigt ein Beispiel für den negativen Phasenzusammenhang zwischen der Lateralisierungsschwankung und den Lokomotionsschüben bei den *Akha*.

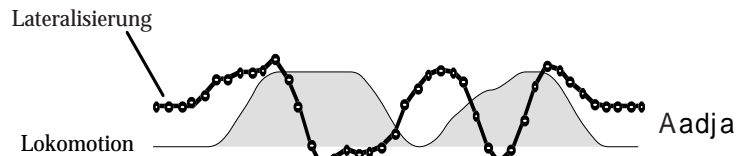


Abb. 82 Gegenüberstellung der Zeitreihen Lokomotion (graue Fläche) und der Zeitreihe Lateralisierung aus dem taktilen Test bei der Vpn 'Aadja'. Beide Variablen wurden gleichzeitig mit demselben Abtastintervall erhoben.

Das bedeutet, in Phasen in denen die rechte Hand (linke Hemisphäre) der linken Hand (rechte Hemisphäre) überlegen ist, sinkt die Lokomotion bzw. macht die Versuchsperson eine Pause. Dann wieder, während Lokomotionsphasen zeigt sich die linke Hand (rechte Hemisphäre) der rechten (linken Hemisphäre) überlegen.

Nur eine Person zeigt einen positiven parallelen Phasenverlauf (Aappa: $r = .481$, $p = .0026$) und damit einen entgegengesetzten Zusammenhang. Bei allen anderen besteht kein systematischer Zusammenhang zwischen den Variablen.

Bei einer Personen der Gruppe *Orientierung* (10%) besteht ein signifikant negativer Phasenzusammenhang zwischen der Lateralisierungsschwankung und den Lokomotionsschüben (Ojoes: $r = -.528$, $p = .0007$). Dagegen besteht in dieser Gruppe bei vier Personen (40%) ein positiver paralleler Phasenverlauf (OKatb: $r = .351$, $p = .0356$; Opatr: $r = .508$, $p = .0013$; Oralw: $r = .516$, $p = .0010$; Oulrk: $r = .649$, $p < .0001$). Diese Gruppe zeigt damit insgesamt einen gegensätzlichen Zusammenhang.

Tabelle 88 Einzelvergleiche zwischen den Zeitreihen der linken Hand(rechte Hemisphäre) und der Lokomotion

Gruppe <i>Orientierung</i>			Gruppe <i>Akha</i>		
	Korrelation	p		Korrelation	p
Ochn	-.457	.0046	Aabia	.358	.0339
Ojoes	.355	.0331	Aanung	-.462	.0040
Okatb	-.327	.0511	Aao	-.314	.0702
Oklah	.584	.0001	Amicho	-.477	.0039
Opatr	-.492	.0020	Amidi	.402	.0144
Oralw	-.481	.0026	Aabh1	-.518	.0010
Osabh	-.392	.0174	Aabh2	.488	.0040
Oulrk	-.350	.0356	Aahga	.557	.0007
			Aanno	.310	.0698
			Aappa	-.341	.0411
			Aate	.624	<.0001
			Aamodschu	-.400	.0148

Im Einzelvergleich zeigt sich, daß bei 80% der Versuchspersonen der Gruppe *Orientierung* ein signifikanter Zusammenhang der Lokomotionsschübe mit den Leistungsschwankungen der 'linken Hand' besteht. Bei zwei Personen ist dieser Zusammenhang positiv, d.h. die Lokomotionsschübe sind in Phase mit der rechtshemisphärischen Leistung. Bei weiteren sechs Personen sind diese genau gegenphasig zur 'linken Hand'.

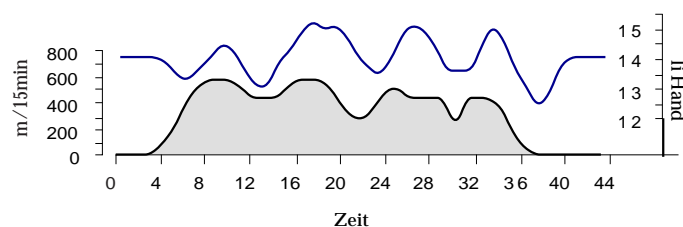


Abb. 83 die dicke Linie zeigt am Beispiel einer Versuchsperson der Gruppe *Akha* den Verlauf der 'linken Hand', der positiv mit den Lokomotionsphasen korreliert. Die gestrichelte Linie zeigt die 'rechte Hand', welche nicht im Phasen zusammenhang mit den Bewegungsschüben steht

Bei der Gruppe *Akha* besteht für 67% ein signifikanter Zusammenhang der Lokomotionsschübe mit den Leistungsschwankungen der 'linken Hand'. Bei sechs Personen ist dieser Zusammenhang positiv, d.h. die Lokomotionsschübe sind in Phase mit der rechtshemisphärischen Leistung. Bei weiteren sechs Personen sind sie genau gegenphasig zur 'linken Hand'.

Für sieben Versuchspersonen (70% - bei vier von sechs Frauen = 67%; bei drei von vier Männern = 75%) ergibt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Leistung der 'rechten Hand' und den Lokomotionsschüben: Ist die Leistung der 'rechten Hand' hoch, zeigt sich vermehrte Lokomotion; sinkt die Leistung 'rechts', nimmt auch die Anzahl der gelaufenen Meter pro 15 Minuten ab. Nur für eine weibliche Person wird dieser Zusammenhang statistisch signifikant. Dagegen ergibt sich ebenso für sieben von zehn Personen (70% - bei allen sechs Frauen; bei einem von vier Männern (25%) ein gegenphasiger, d.h. negativer Zusammenhang zwischen dem Leistungsverlauf der 'linken Hand' und den Lokomotionsschüben: Während guter Leistung der 'linken' Hand ist die Lokomotion vermindert, sinkt die Leistung 'links', nimmt auch die Anzahl der gelaufenen Meter/15 min. zu; auch dies wird nur für eine weibliche Person statistisch signifikant.

Tabelle 89 'Lokomotion' und 'taktile Diskriminationsleistung'

Gruppe	'linke Hand'	'rechte Hand'	Lateralisierung
<i>Akha</i>	positiv $r = .766$ $p < .0001$	negativ n.s.	n.s.
<i>Orientierung</i>	positiv $r = .126$, $p = .0170$	positiv $r = .187$ $p = .0003$	positiv $r = .154$, $p = .0034$

10.4.-1.2. Taktile Diskrimination und Nahrungsaufnahme- Intermanueller Seitenwechsel und Nahrungsaufnahme

10.4-1.2.1. Wellenfelder der Lateralisierungsverläufe synchronisiert auf die Nahrungsaufnahme

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Lateralisierungszeitreihen (welche jeweils um den individuellen Mittelwert schwanken; Filter 1) der einzelnen Versuchspersonen als Wellenfeld untereinander angeordnet und synchronisiert auf den Zeitpunkt des Mittagessens. Die Graphik macht deutlich, daß keine Synchronisierung des lateralisierten Leistungsverlaufes, der ansonsten sozial hochsynchronisierten *Akha*, vorliegt. Es konnte ein höchst individueller Lateralisierungsverlauf gefunden werden.

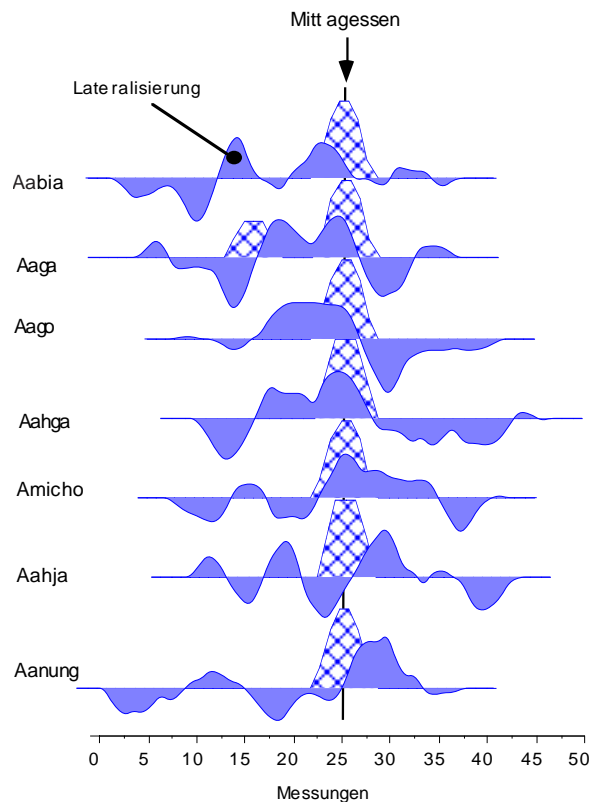


Abb. 84: Lateralisierungsverläufe aus den Händezitreihen der Versuchspersonen der Gruppe *Akha*, als Wellenfeld untereinander angeordnet und auf den Zeitpunkt der Mittagessenszeit (Rauemuster = Nahrungsaufnahme) synchronisiert.

Auch in der deutschen Gruppe wurden nachfolgend die Lateralisierungszeitreihen auf den Zeitpunkt der ersten Nahrungsaufnahme synchronisiert. Die Graphik bildet ab, daß die Nahrungsaufnahme selbst, wie bei der asiatischen

Gruppe, keine Veränderung im Leistungsverlauf hervorbringt. Anders als in der Gruppe *Akha* wird bei den deutschen Probanden, welche individualisiert Nahrung zu sich nehmen konnten, deutlich, daß **Nahrung vorwiegend in Phasen linkshändiger Überlegenheit aufgenommen wird.**

Nur eine Versuchsperson (in Abb. 84 durch einen 'Kasten' hervorgehoben), eine Probandin mit Eßstörung, zeigt Nahrungsaufnahme-Verhalten während rechtshändiger Überlegenheit.

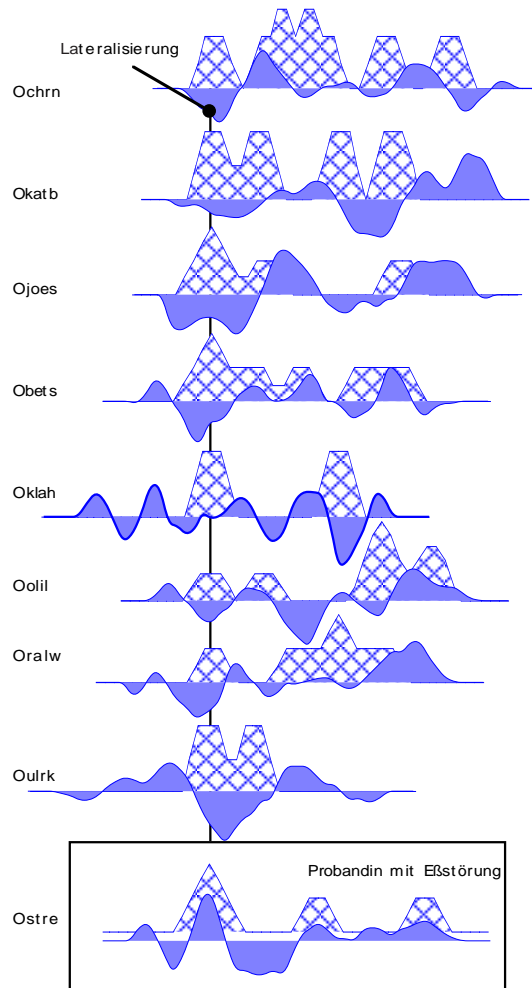


Abb. 85 Lateralisierungsverläufe der Händezeitreihen (dunkle Fläche) der Versuchspersonen der Gruppe Orientierung als Wellenfeld untereinander angeordnet und auf den Zeitpunkt der ersten Nahrungsaufnahme (Rautenmuster) synchronisiert.

10.4-1.2.2. Zusammenfassung und Diskussion: Nahrungsaufnahme und Hemisphärenlateralisierung

Die Nahrungsaufnahme der *Akha* orientiert sich stark an der **sozialen Gruppe**, die als **externen Zeitgeber** fungiert. In der Gruppe *Akha* wird kaum nach Bedarf genascht oder individuell in kürzeren Frequenzen Nahrung aufgenommen. Morgens vor der Feldarbeit werden die Familienmitglieder versammelt und es gibt in allen Hütten zur selben Zeit das Reisfrühstück. Die Mittagsreismahlzeit wird gegen 13 Uhr eingenommen, nachdem alle Gruppenmitglieder in einer Bambushütte versammelt sind. Abends im Dorf gibt es schließlich zur Zeit des Sonnenunterganges die dritte Reismahlzeit des Tages. Da die Essenszeiten in dieser Weise, mit Ausnahme von festlichen Anlässen, stark reguliert sind und in der Regel restriktiv eingehalten werden gaben wir die Protokollierung der Nahrungsaufnahme-Zyklen bei den *Akha* auf, da wir während unserer Meßzeit nur die Mittagspausen erfassen konnten. **In der Gruppe Akha sind die Personen zum Zeitpunkt des Mittagessens**, der vom dominanten Gruppenmitglied bestimmt wird, **individuell verschieden lateralisiert**. Bei Personen, die sich zum Zeitpunkt des Mittagessens in einer linkshemisphärisch überlegenen Phase befinden (71%), nimmt die Lateralisierung während der Mahlzeit stark ab und verschiebt sich danach zur anderen Seite. Bei Personen, die zum Zeitpunkt des Mittagessens rechtshemisphärische Dominanz aufweisen, ereignet sich der umgekehrte 'Seitenumschwung'.

Unsere deutschen Probanden waren instruiert worden ganz nach ihrem individuellen Bedürfnis zu Essen. Ihre **spontane orale Aktivität** unterscheidet sich deutlich von der asiatischen Gruppe. Es wird deutlich, daß **die**

Probanden signifikant häufiger ($r = -.114$, $p = .0329$) dann Nahrung zu sich nehmen, wenn ihre Lateralisierung eine Linkshandüberlegenheit aufweist (rechtshemisphärischer Vorteil). Dauert die linkshändige Überlegenheit länger an, so wird oftmals entsprechend länger Nahrung aufgenommen. Denkbar ist auch, daß ein zweiter Schub an Nahrungsaufnahme die Linkshandüberlegenheit verlängert. Nur eine Person, die Probandin mit Ebstörung, zeigte das Gegenteil. Sie aß regelmäßig in Phase mit rechtshändiger (linkshemisphärischer) Überlegenheit ($r = .567$, $p < .0001$).

Die (übergewichtige) Versuchsperson Aaga der Gruppe *Akha* zeigt dasselbe Muster: Sie aß vor dem kollektiven Mittagessen heimlich eine kleine Mahlzeit, während einer verlängerten Phase linkshändiger Überlegenheit. Direkt im Anschluß an ihren 'Imbiß' wechselte der Handvorteil in eine Rechtshandüberlegenheit. Unsere Ergebnisse lassen sich vor dem Hintergrund der ursprünglichen Annahme Friedman und Fisher's verstehen: der REM-Schlaf und sein Tag-Analogen sind ein phylogenetisch altes Erbe, das von pontilen Zentren und dem limbischen System kontrolliert wird. Beim 'Kommen und Gehen' der REM-Phasen und der Nahrungsaufnahmezyklen handelt es sich um eine 'instinktive Triebaktivität'. Tatsächlich scheint es so zu sein, daß spontane orale Aktivität mit Phasen rechtshemisphärischer Aktivierung einhergeht. Teilhypothese 1 wird damit bestätigt. Diese postuliert, daß Phasen der Nahrungsaufnahme als Analogon der nächtlichen REM-Phasen (rechtshemisphärische Aktivierung) parallel zur linkshändigen Überlegenheit auftreten, d.h. in Gegenphase zur Lateralisierung oszillieren.

10.4-2) Hemisphärenlateralisierung, Nahrungsaufnahme, Lokomotion und Befindlichkeit

10.4-2.1. Nahrungsaufnahme und emotionale Erregung ('Arousal')

Wenn die Nahrungsaufnahme im Zusammenhang mit zyklischer Aktivierung steht, sollte dies auch aus den Angaben zur Befindlichkeit in der Variable 'Arousal' hervorgehen.

Korreliert man die Variablen Nahrungsaufnahme und 'Arousal' miteinander, so erweist sich über die Gruppe betrachtet, daß die Personen dann Nahrung zu sich nehmen, wenn ihre 'Erregung' (Aufgeregtheit/ Nervosität) gering ist ($r = -.193$, $p < .0001$). [Obets: $r = -.594$, $p = < .0001$; Ojoes: $r = -.562$; $p = .0003$; Opatr: $r = -.453$, $p = .0002$; Ostre: $r = -.401$, $p = .0147$; Oulrk: $r = -.539$; $p = .0005$].

Nachfolgende Abbildung zeigt an einem Beispiel (Vpn: Opatr) den negativen, signifikanten Zusammenhang zwischen den Nahrungsaufnahmephasen und dem 'Arousal'-Verlauf

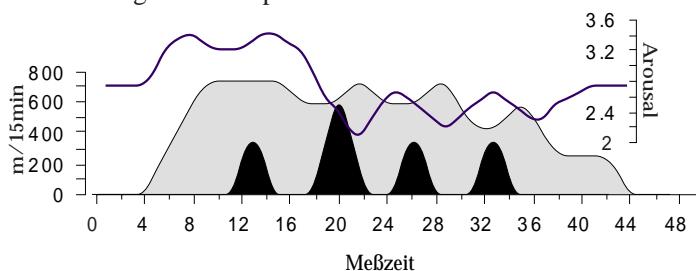


Abb. 86: Gegenüberstellung der Zeitreihen 'Lokomotion' (grau), 'Nahrungsaufnahme' (schwarz) und 'Arousal' (Linie). Alle drei Variablen wurden parallel und mit demselben Abtastintervall erhoben.

Nachfolgende Abbildung zeigt an einem Beispiel (Vpn: Okatb) einen positiven aber nicht-signifikanten Zusammenhang zwischen der Nahrungsaufnahme und dem 'Arousal'. Deutlich wird auch hier, daß Nahrung in eher sinkenden/ absteigenden 'Arousal'-Phasen zu sich genommen wird.

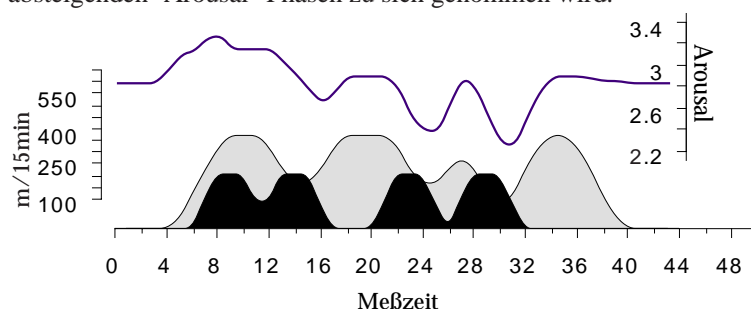


Abb. 87: Gegenüberstellung der Zeitreihen 'Lokomotion' (grau), 'Nahrungsaufnahme' (schwarz) und 'Arousal' (Linie). Alle drei Variablen wurden parallel und mit demselben Abtastintervall erhoben.

Zusammenfassung: Hemisphärenlateralisierung, Nahrungsaufnahme und Lokomotion

Für beide Kulturgruppen konnte ein insgesamt positiver Phasenzusammenhang zwischen dem Phasenverlauf der 'linken Hand' (rechte Hemisphäre) und den Lokomotionsschüben gefunden werden. Dieses Ergebnis wird für die *Orientierungsgruppe* dadurch geschwächt, daß gleichzeitig ein signifikant positiver Zusammenhang zur rechten Hand (linke Hemisphäre) besteht. In der Verrechnung der beiden Händervariablen nach dem Lateralisierungsindex überwiegt dann auch der **Phasenzusammenhang zwischen Lokomotion und linker Hemisphäre: die Lateralisierungsschwankungen korrelieren signifikant positiv mit den Lokomotionsschüben**, d.h. Phasen hoher Lokomotion finden hier während der Rechtshandüberlegenheit (linke Hemisphäre) statt und in Zeitphasen der rechtshemisphärischen Überlegenheit (linke Hand) sinkt die Lokomotion.

Damit kann der Zusammenhang zwischen Lokomotion, Nahrungsaufnahme und Hemisphärenaktivierung für die **deutsche Gruppe** folgendermaßen festgehalten werden: **Während rechtshemisphärischer Überlegenheit/Aktivierung wird Nahrung aufgenommen, während linkshemisphärischer Überlegenheit/Aktivierung findet Lokomotion statt.** Für der Gruppe *Akha* ergibt sich der gegenteilige Befund: **rechtshemisphärische Überlegenheit/Aktivierung steht in signifikantem Zusammenhang mit Lokomotionsphasen.** Dieser Zusammenhang mit der Lateralisierung ist für die 'Nahrungsaufnahme' einheitlicher als für die 'Lokomotion'.

10.4-2.2.Lokomotion und emotionale Erregung ('Arousal')

Tabelle 90 Phasenvergleich zwischen den Variablen 'Lokomotion' (m/15min.) und 'Arousal' der Gruppe *Orientierung*

		Versuchsperson	Korrelation	p
1	fem	OBETS	-.673	<.0001*
2	fem	OCHRN	.177	.3028
3	fem	OKATB	.554	.0003*
4	fem	OPATR	.797	<.0001*
5	fem	OSTRE	.072	.6767
6	fem	OULRK	.581	.0001*
7	male	OJOES	-.412	.0118*
8	male	OKLAH	-.181	.2920
9	male	OOLIL	-.211	.2176
10	male	ORALW	.552	.0004*

Nachfolgende Abbildung zeigt **Personen mit eher gegenphasigem Verlauf der Variablen 'Lokomotion' und 'Arousal'**

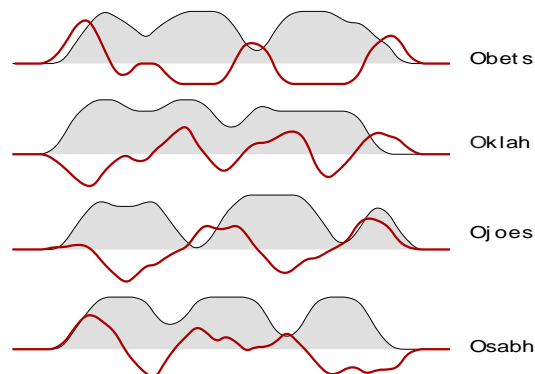


Abb. 88 Abbildung der Lokomotionsschübe von vier Versuchspersonen der Gruppe *Orientierung* entlang der Zeitachse (graue Fläche), sowie als dünne Linie die dabei subjektiv empfundene 'Erregung'.

Die folgende Abbildung 89 zeigt nun **Personen mit eher gleichphasigem Verlauf der Variablen Lokomotion und 'Arousal'**

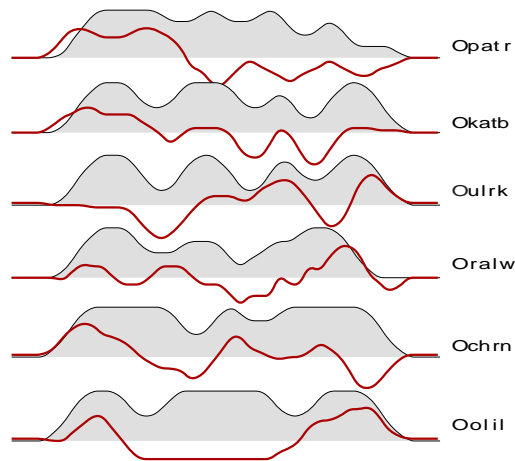
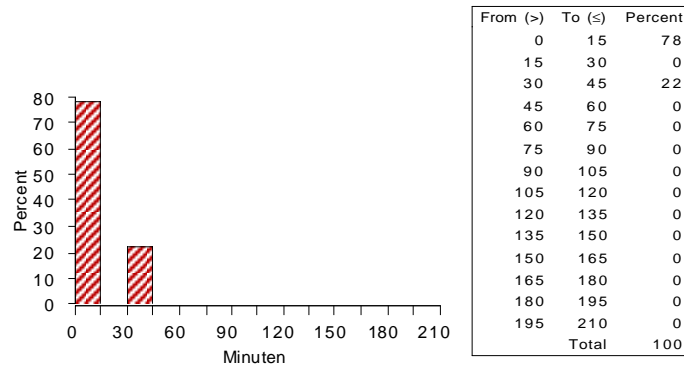


Abb. 89 Abbildung der Lokomotionsschübe von sechs Versuchspersonen der Gruppe Orientierung entlang der Zeitachse (graue Fläche), sowie als dünne Linie die dabei subjektiv empfundene 'Erregung'.

Kreuzkorrelation

Das folgende Histogramm (Abb. 90) zeigt um wieviele 15 min.-Zeiteinheiten die Zeitreihe der Dimension 'Arousal' über die der 'Lokomotion' verschoben werden muß, um eine positive Phasenübereinstimmung zu erhalten.



78% der Versuchspersonen zeigen, wie die Abbildung veranschaulicht, nach einer Verschiebung um ein Lag eine Phasenübereinstimmung zwischen den beiden Zeitreihenverläufen. **Veränderungen in der 'Erregung' ziehen bei allen Personen, mit einer Latenz von 30 Minuten, eine Lokomotionsphase nach sich.**

Phasenvergleich zwischen den Variablen Lokomotion (m/15 min.) und 'Arousal' der Gruppe Akha (Tabelle 91)

	Versuchsperson	Korrelation	p
1	fem AABIA	-.048	.7864
2	fem AAGA	-.287	.3499
3	fem AANUNG	.762	<.0001*
4	fem AMICHO	-.529	.0040*
5	male AABH2	-.468	.0062*
6	male AAGO	.133	.4632
7	male AAHGA	.181	.3231
8	male AAHJA	.199	.2614

Nachfolgende Abbildung zeigt **Personen mit eher gegenphasigem Verlauf der Variablen Lokomotion und 'Arousal'**

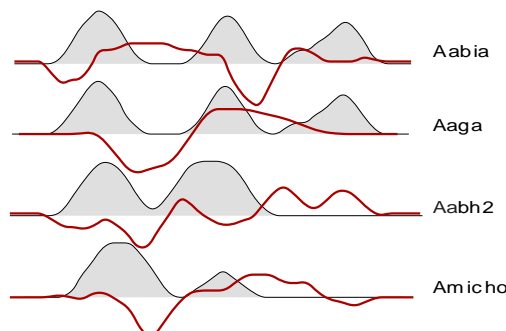


Abb. 91 Abbildung der Lokomotionsschübe von vier Versuchspersonen der Gruppe Akha entlang der Zeitachse (graue Fläche), sowie als dünne Linie die dabei subjektiv empfundene 'Erregung'.

Nachfolgende Abbildung zeigt **Personen mit eher gleichphasigem Verlauf der Variablen Lokomotion und 'Arousal'**

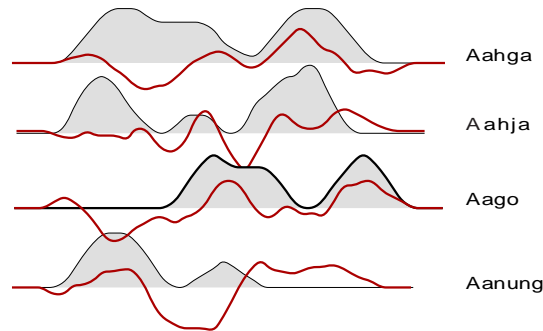
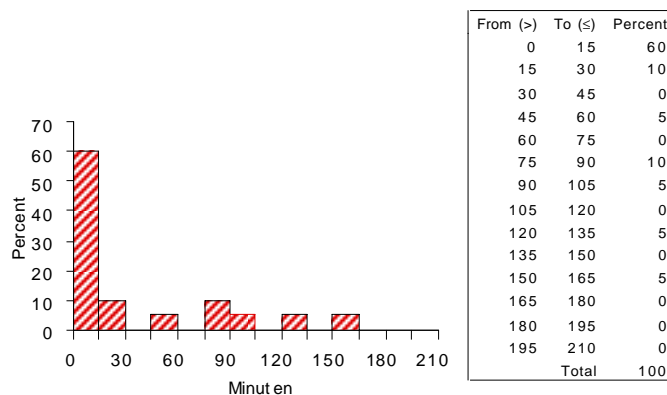


Abb. 92 Abbildung der Lokomotionsschübe von vier Versuchspersonen der Gruppe Akha entlang der Zeitachse (graue Fläche), sowie als dünne Linie die dabei subjektiv empfundene 'Erregung'.

Das folgende Histogramm (Abb.93) zeigt, um wieviele 15 min.-Zeiteinheiten die Zeitreihe der Dimension 'Arousal' über die der 'Lokomotion' verschoben werden muß um eine positive Phasenübereinstimmung zu erhalten



60% der Versuchspersonen zeigen nach einer Verschiebung um ein Lag eine Phasenübereinstimmung zwischen den beiden Zeitreihenverläufen. **Veränderungen im 'Arousal' ziehen in 70% der Fälle, mit einer Latenz von einer halben Stunde, eine Lokomotionsphase nach sich.**

10.4-2.3. Exploratives Verhalten, Lateralisierung und Selbstsicherheit

Wie weiter oben beschrieben ist aus Tierstudien bekannt, daß in der sozialen Interaktion ein zyklisches Generieren aggressiven Verhaltens des dominanten Tieres stattfindet, das den Gegenüber zu einer regelmäßigen Bestätigung des Beziehungs- bzw. Dominanzverhältnisses veranlaßt (Maxim et al. 1976). Die Rhythmizität für ein Paar richtet sich nach dem individuellen Zyklus des dominanten Tieres, dessen individuelle, explorative Aktivität zuvor isoliert beobachtet worden war. Für explorative Aktivität und soziale Aggression wird daher ein gemeinsamer Arousal-Mechanismus in der BRAC-Frequenz angenommen (Kripke et al. 1968).

Hypothese

Aufgrund der Erkenntnisse aus Studien sozial lebender Tiere wird auch für den Menschen einen zyklischer Zusammenhang zwischen explorativer Aktivität und 'Selbstsicherheit' erwartet.

Selbstsicherheit (Dominanz) wurde operationalisiert über einen Befindlichkeitsfragebogen (SAM) mit der bipolaren Skalierung 'dominant' versus 'submissiv', bei gleichzeitiger Aufzeichnung der explorativen Aktivität, operationalisiert durch das Orientierungsverhalten im Freiland.

Ergebnisse

Tabelle 92 Korrelativer Zusammenhang zwischen den Variablen 'Lokomotion' und 'Dominanz'

		Versuchsperson	Korrelation	p
1	fem	OBETS	-.425	.0092*
2	fem	OCHRN	-.346	.0380*
3	fem	OKATB	.045	.7952
4	fem	OPATR	-.112	.5198

		Versuchsperson	Korrelation	p
5	fem	OSTRE	-.453	.0050*
6	fem	OULRK	-.593	<.0001*
7	male	OJOES	-.159	.3562
8	male	OKLAH	.309	.0665(Trend)
9	male	OOLIL	.303	.0722(Trend)
10	male	ORALW	-.186	.2807

Wie die Tabelle zeigt, ergibt sich ein Unterschied zwischen Männern und Frauen: Fünf der sechs weiblichen Versuchspersonen (83%) zeigen einen negativen Korrelationszusammenhang zwischen ihrer Selbstsicherheit (Dominanz-Submission) und ihrer explorativen, lokomotorischen Aktivität; vier davon statistisch signifikant.

Die folgende Abbildung zeigt ein solches Beispiel.

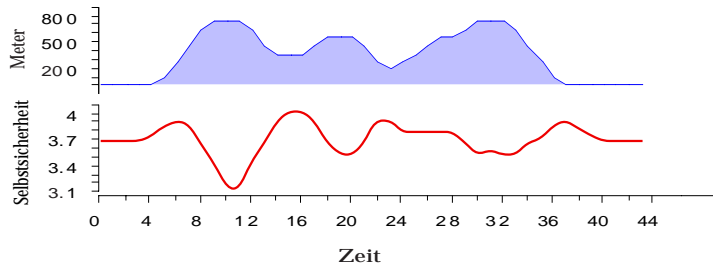


Abb. 94 stellt anhand einer Vpn auf den zwei Achsen, den für die weiblichen Probanden typischen Zusammenhang zwischen den Lokomotionsschüben (Fläche) und der dabei erlebten 'Valenz' (Linie) Person dar.

Die Tabelle 93 Korrelativer Zusammenhang zwischen der 'räumlichen Orientierungsleistung' und der Dimension 'Dominanz'

		Versuchsperson	Korrelation	p
1	fem	OBETS	.120	.4900
2	fem	OCHRN	.276	.1041
3	fem	OKATB	-.260	.1266
4	fem	OPATR	-.360	.0304*
5	fem	OSTRE	.315	.0609(Trend)
6	fem	OULRK	-.269	.1130
7	male	OJOES	-.302	.0729(Trend)
8	male	OKLAH	.325	.0525(Trend)
9	male	OOLIL	.046	.7930
10	male	ORALW	.126	.4665

Tabelle 94 Vergleich des korrelativen Zusammenhanges zwischen den Händzeitreihen und der Dimension 'Dominanz' bei den einzelnen Personen der Gruppe Orientierung.

Räumliche Aufgabe und 'Selbstsicherheit'					Verbale Aufgabe und 'Selbstsicherheit'				
Variable	Vpn	Korrelation	p		Vpn	Korrelation	p		
fem re Ohr	OBETS	.120	.4900		DASTM	-.330	.0487*		
2 fem re Ohr / li Ohr	OCHRN	.276	.1041		DBRIB	-.358 /	.0314* /		
3 fem re Ohr / li Ohr	OKATB	-.260	.1266		DDANT	.454 /	.0049*		
4 fem re Ohr / li Ohr	OPATR	-.360	.0304*		DMANL	.589 /	.0001*		
5 fem re Ohr	OSTRE	.315	.0609(Trend)		DSILH	-.142	.4418		
6 fem re Ohr / li Ohr	OULRK	-.269	.1130		DSIML	-.494 /	.0019* /		
7 fem re Ohr					DSUSS	.521	.0009*		
8 male re Ohr	OJOES	-.302	.0729(Trend)		DSUSS	-.092	.5972		
9 male re Ohr	OKLAH	.325	.0525(Trend)		DINGK	.002	.9939		
10 male re Ohr / li Ohr	OOLIL	.046	.7930		DJUEK	-.493	.0019*		
11 male li Ohr	ORALW	.126	.4665		DNORM	-.398 /	.0156*		
12 male re Ohr / li Ohr						.297	.0790 (Trend)		
13 male re Ohr					DPAUP	-.282	.0955 (Trend)		
14 male re Ohr					DRALT	.321 /	.0562 (Trend) /		
						.673	<.0001*		
					DSTEK	-.036	.8374		
					DTORJ	-.066	.7045		

Zusammenfassung und Diskussion

Für die **asiatische Akhagruppe** ergaben die Befunde in den Dimensionen der Befindlichkeit eine **hohe Selbstsicherheit eher während Zeitphasen mit Linkshandvorteil (rechtshemisphärische Aktivierung)**. **In diese Phasen fallen offenbar auch die Lokomotionsschübe**. Während die Pausen in die darauffolgende Halbphase negativen emotionalen Erlebens fielen.

Für die **deutschen Studenten** ergaben die Befunde in der Befindlichkeit, **daß positives emotionales Erleben häufiger im Zusammenhang mit einem Rechtshandvorteil (linkshemisphärische Aktivierung) steht und die Lokomotionsphasen in diese Abschnitte fallen**.

Wiederum bleibt zu betonen, daß Pausezeiten für die *Akha* relative soziale Isolation und reduzierte verbale Kommunikation bedeuteten. Für die in ihrem Zusammenleben hochsynchronisierte Dorfgemeinschaft, mag dieser Zustand eher unangenehm wahrgenommen werden.

Die Befindlichkeit oszillierte bei den **Frauen antizyklisch** zu den Lokomotionsschüben. Die Selbstunsicherheit (Submission) stieg proportional zur steigenden lokomotorischen Aktivität, und die Selbstsicherheit ('Dominanz') proportional zur sinkenden Exploration. Daß es sich hierbei tatsächlich um explorative Aktivität handelte und nicht nur um Aktivität, d.h. Bewegung oder räumliches Lernen, belegte der hohe korrelative Zusammenhang zwischen dem Verlauf der Lokomotionsphasen/ Lokomotionsschübe und der räumlichen Orientierungsleistung. **Soziales Dominanzempfinden und explorative Aktivität verhielten sich damit gegenläufig**. Aktivität zeigten die weiblichen Probanden dann, wenn sie die soziale Submission hoch empfanden.

Für die Männer ergab sich dieser Zusammenhang nicht. Bei zwei der vier männlichen Teilnehmer zeigten sich (auf Trendniveau) positive Korrelationen zwischen den Variablen 'explorative, lokomotorische Aktivität' und 'Selbstsicherheit'. Hier deutet sich, verglichen mit der Untergruppe der Frauen, möglicherweise eine gegensätzliche Tendenz an. Will man den Unterschied vorsichtig interpretieren: Soziale Aggression und explorative Aktivität scheinen erwartungsgemäß in eher parallelen Phasen aufzutreten. Die Untergruppen sind in ihrer Gruppenstärke jedoch zu gering um sie im Hinblick auf diesen Unterschied eindeutig interpretieren zu können. Möglicherweise läßt sich der Geschlechtsunterschied aber auch in anderer Hinsicht verstehen, nämlich in der Unsicherheit der weiblichen Probanden bei der räumlichen Orientierungsaufgabe.

Aus diesem Grund war der Zusammenhang zwischen den Variablen 'Selbstsicherheit' und 'räumliche Orientierung' isoliert betrachtet worden. Nur eine (weibliche) Person wies einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der räumlichen Orientierung und der Variable 'Selbstsicherheit' auf und zwar einen negativen. Obwohl in bestimmten Phasen die räumlichen Orientierungsleistung schlecht waren, blieb gleichzeitig die subjektiv eingeschätzte Selbstsicherheit oder Dominanz hoch, und vice versa. Eine weitere Person erfuhr einen Trend solcher Art und zwei Personen zeigten einen Trend-Zusammenhang zwischen hoher Selbstsicherheit bei gleichzeitig guter Orientierungsleistung, sowie niedriger Selbstsicherheit während schlechter Orientierungsleistung.

Es kann also insgesamt nicht davon ausgegangen werden, daß soziale Unsicherheit (subjektiv niedrige Selbstsicherheitseinschätzung) die Leistung in der räumlichen Orientierungsaufgabe beeinträchtigt, oder eine schlechte Orientierungsleistung das subjektiv empfundene Selbstwertgefühl erniedrigt.

Gleichzeitig ist dieses Ergebnis noch einmal ein Hinweis darauf, daß **rechtshemisphärische Aktivierung durch die räumliche und damit hemisphärenspezifische Aufgabe nicht bewirkt, daß negative Emotionen entstehen welche die Selbstsicherheit absinken ließen**. Eben dieser Zusammenhang wurde für jede Person überprüft.

Für neun Personen (64%) der Gruppe *Dichotisches Hören* ergibt sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Phasenverlauf der Variablen 'Ohren' und 'Selbstsicherheit'. Insgesamt zeigen zehn Personen (71%) dieser Gruppe negative Korrelationen (gegenphasiger Verlauf) zwischen dem 'rechten Ohr' (linke Hemisphäre) und der 'Selbstsicherheit', wenn auch teilweise nur schwach. Die 'Selbstsicherheit' nimmt zu, wenn die Leistung der linken

Hemisphäre abnimmt und die ‘Selbstsicherheit’ nimmt ab (Submission), während die Leistung der linken Hemisphäre zunimmt. Dies trifft für fünf Personen in signifikanter Weise zu.

Weitere vier Personen zeigen den umgekehrten Zusammenhang. Hier korrelieren der Verlauf des ‘rechten Ohres’ und der Verlauf der ‘Selbstsicherheit’ positiv. Dies trifft für drei Personen in signifikanter Weise zu, d.h. die Selbstsicherheit nimmt zu (Dominanz), wenn die Leistung der linken Hemisphäre zunimmt und die ‘Selbstsicherheit’ nimmt ab (Submission), während die Leistung der linken Hemisphäre abnimmt.

Interessant dabei ist, daß auch hier sechs Personen statistisch signifikante Zusammenhänge für beide ‘Ohren’/ Hemisphären mit der ‘Selbstsicherheit’ zeigen.

Eine Person weist einen gegenphasigen Verlauf der ‘Selbstsicherheit’ zum ‘rechten’ und zum ‘linken Ohr’ auf. Bei einer weiteren Person ergibt sich für die Schwankungen der ‘Selbstsicherheit’ eine Gleichphasigkeit. Bei zwei Probanden schwingt die ‘Selbsicherheit’ in Phase mit dem ‘rechten Ohr’ und gegenphasig zum ‘linken Ohr’. Und schließlich, bei ebenfalls zwei Probanden, schwingt die ‘Selbsicherheit’ in Phase mit dem ‘linken Ohr’ und gegenphasig zum ‘rechten’.

Diese Zusammenhänge sollen im Folgenden schließlich auch für die Dimension ‘Valenz’ betrachtet werden.

10.4-2.4. Exploratives Verhalten, Lateralisierung und Valenz

10.4-2.4.1. ‘Räumliche Orientierungsleistung’ vs ‘Valenz’ und ‘Dichotische Hörleistung’ vs ‘Valenz’

Tabelle 95 vergleicht für jede Einzelperson der Gruppe *Orientierung* den korrelativen Zusammenhang zwischen der räumlichen Erinnerungsleistung (Map) und der Befindlichkeitsdimension ‘Valenz’, und für jede Einzelperson der Gruppe *Dichotisches Hören* den korrelativen Zusammenhang zwischen der dichotischen Hörleistung und der Befindlichkeitsdimension ‘Valenz’.

Räumliche Aufgabe und ‘Valenz’						Verbale Aufgabe und ‘Valenz’			
	Vpn	Korrelation	p	Variable		Vpn	Korrelation	p	Variable
1	fem	OBETS	-.055	.7497	Map	DASTM	.155	.3709	re Ohr
2	fem	OCHRN	.140	.4197	Map	DBRIB	-.137	.4300	re Ohr
3	fem	OKATB	.434	.0076*	Map	DDANT	-.062	.7224	re Ohr
4	fem	OPATR	-.337	.0437*	Map	DMANL	.608 / -.669	<.0001* / <.0001*	re Ohr/ li Ohr
5	fem	OSTRE	.584	.0001*	Map	DSILH	-.595	.0002*	re Ohr
6	fem	OULRK	-.179	.2977	Map	DSIML	.184	.2844	re Ohr
7	fem				Map	DSUSS	.137	.4291	re Ohr
8	male	OJOES	-.246	.1488	Map	DINGK	.291	.1514	re Ohr
9	male	OKLAH	-.090	.6038	Map	DJUEK	-.651 / .485	<.0001* / .0024*	re Ohr/ li Ohr
10	male	OOLIL	.096	.5804	Map	DNORM	-.848 / .847	<.0001* / <.0001*	re Ohr/ li Ohr
11	male	ORALW	.029	.8671	Map	DPAUP	-.619	<.0001*	li Ohr
12	male					DRALT	-.577	.0002*	li Ohr
13	male					DSTEK	-.591	<.0001*	re Ohr
14	male					DTORJ	.309	.0666(Trend)	re Ohr

Drei weibliche Versuchspersonen und keiner der männlichen Probanden zeigen einen statistisch signifikanten Phasenzusammenhang zwischen der rechtshemisphärischen Aufgabe und ihrer Befindlichkeit. Bei zweien steigt die Befindlichkeit (positive Stimmung) zusammen mit Hochphasen der rechtshemisphärischen Leistung, bei einer dagegen sinkt in solchen Phasen die Befindlichkeit (negative Stimmung).

Bei acht Personen (57%) korrelieren die Variablen ‘Valenz’ und ‘Ohren’ signifikant, d.h. die Befindlichkeit schwankt in Phase mit der linkshemisphärischen oder rechtshemisphärischen Leistung.

Die Personen teilen sich wie folgt auf: Bei zwei Personen schwingt die ‘Valenz’ in Phase mit dem ‘rechten Ohr’. Bei zwei Personen schwankt die ‘Valenz’ in Phase mit dem ‘linken Ohr’; bei zwei Personen gegenphasig zum rechten Ohr. Bei zwei weiteren Personen schwingt die ‘Valenz’ gegenphasig zum linken Ohr. Bei den restlichen sechs Versuchspersonen dieser Gruppe ergibt sich kein Zusammenhang.

Interessant dabei ist, daß drei Personen statistisch signifikante Zusammenhänge für beide ‘Ohren’/Hemisphären mit der Befindlichkeit zeigen. Ein solches Beispiel ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt. Die weibliche Versuchsperson

Dmanl erfährt für das 'rechte Ohr' einen positiven Phasenzusammenhang mit der Befindlichkeit und für das 'linke Ohr' einen negativen, d.h. das gute Befinden steigt mit guter Leistung des 'rechten Ohres' bei gleichzeitig schlechter Leistung des 'linken Ohres'. Dann wieder sinkt das Befinden parallel zur nachlassenden linkshemisphärischen (rechtes Ohr) Leistung bei gleichzeitig steigender rechtshemisphärischer Leistung (linkes Ohr).

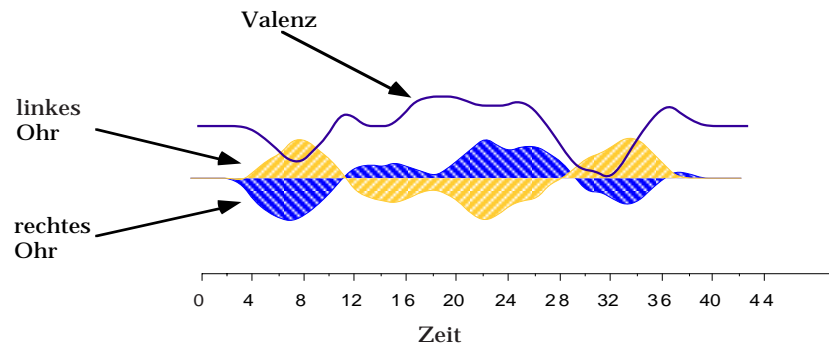


Abb. 95 zeigt den Phasenzusammenhang zwischen den Hörleistungs-Zeitreihen ('linkes' und 'rechtes Ohr') mit dem Verlauf der Befindlichkeits-Zeitreihe 'Valenz' (Vpn: Dmanl). Dargestellt sind für jede Variable die Schwankungen um den jeweiligen Mittelwert.

Zwei männliche Probanden zeigen den Zusammenhang zwischen der Hörleistung (Hemisphärenleistung) und der Befindlichkeit in genau umgekehrter Weise: Bei ihnen steigt und fällt die 'Valenz' zusammen mit dem Phasenverlauf des 'linken Ohres' (rechte Hemisphäre) und bildet sich gleichzeitig gegenphasig zum 'rechten Ohr' (linke Hemisphäre) ab.

Zusammengefaßt läßt sich für die verbale Aufgabe sagen, daß in Phasen - die bei jeder Person in individueller Frequenz auftreten - in denen die linke Hemisphäre eine (Verarbeitungs-) Überlegenheit gegenüber der rechten Hemisphäre zeigt, vier Personen eine positive Stimmungsphase aufweisen. Vier weitere Personen zeigen dies dann, wenn die rechte Hemisphäre eine (Verarbeitungs-) Überlegenheit gegenüber der linken Hemisphäre hervorbringt. Einen derartigen Phasenzusammenhang weisen zwei von sieben weiblichen Versuchspersonen (29%) auf, aber sechs von sieben männlichen Probanden (86%).

Interessant ist dabei, daß drei Personen statistisch signifikante Zusammenhänge für beide 'Ohren' (Hemisphären) mit der Befindlichkeit zeigen.

Zusammengefaßt läßt sich für die räumliche Aufgabe sagen, daß in Phasen - die auch hier in individueller Frequenz auftreten - in denen die rechte Hemisphäre eine gute Verarbeitungsleistung erbringt, bei zwei Personen eine positive Stimmungsphase auftritt. Bei einer weiteren Person immer dann, wenn die Leistungsfähigkeit der rechten Hemisphäre nachläßt. 50% der weiblichen Versuchspersonen weisen damit einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der räumlichen Aufgabe und der Befindlichkeit auf; hingegen keiner der männlichen Probanden. Allerdings zeigen insgesamt 70 % der Versuchspersonen dieser Gruppe keinen solchen Zusammenhang.

Die Teilhypothese 2, daß die emotionale Befindlichkeit parallel zum Phasenverlauf der lateralisierten Aktivitätsschwankungen schwankt, kann damit, wie schon für die Seitenwechsel in der taktilen Leistung zuvor, auch für die Seitenwechsel in der Hörleistung, nicht eindeutig bestätigt werden.

11) Gesamtgruppenbeschreibung der experimentellen Ergebnisse

Nachfolgend sollen nun in einer Gesamtschau einige aus dem taktilen Langzeittest gewonnenen Befunde und Erkenntnisse dargestellt und diskutiert werden.

11.1. Fehlerhäufigkeit, taktile Perzeption und Hemisphärenlateralisierung

11.1.1. Leistungsschwankungen über die Zeit im taktilen Diskriminationstest

Tabelle 96 Schwankungen in der taktilen Diskriminationsleistung über die Zeit

Gruppe		M	SD	Std.Error	Count	Min.	Max	Leistungsschwankung
Rechte Hand	Alle Gruppen	13.153 (73.1% Richtige)	1.231	.503				70.6% (M 'rechte Hand')
	<i>Akha</i>	11.051	2.904	.097	895	2	18	89%
	<i>Dich.Hören</i>	12.651	2.523	.119	447	5	18	72%
	<i>Labor</i>	14.430	2.271	.099	525	8	18	56%
	<i>Massai</i>	13.205	2.762	.118	552	4	18	78%
	<i>Orientierung</i>	13.309	2.973	.166	320	6	18	67%
	<i>Walking</i>	14.273	2.168	.105	429	7	18	39%
Linke Hand	Alle Gruppen	13.091 (72.7% Richtige)	1.316	.537				71.3% (M 'linke Hand')
	<i>Akha</i>	11.020	2.872	.096	895	3	18	83%
	<i>Dich.Hören</i>	12.498	2.646	.125	447	4	18	78%
	<i>Labor</i>	14.611	2.192	.096	525	8	18	56%
	<i>Massai</i>	12.904	2.872	.122	552	4	18	78%
	<i>Orientierung</i>	13.131	3.235	.181	320	5	18	72%
	<i>Walking</i>	14.382	2.029	.098	429	7	18	39%

Wie die Tabelle 96 veranschaulicht, unterliegt die taktilen Diskriminationsleistung deutlichen Leistungsschwankungen bezogen auf die Richtignennungen. Allein in der Laborsituation, ohne Distraktoren und ohne kognitive Aufgabe, kann die Tastleistung um mehr als 50% bei beiden 'Händen' schwanken. Im Mittel über alle Versuchspersonen zeigen sich Leistungsschwankungen von über 70%.

11.1.2. Richtignennungen im taktilen Diskriminationstest im Gruppenvergleich und nach Geschlecht

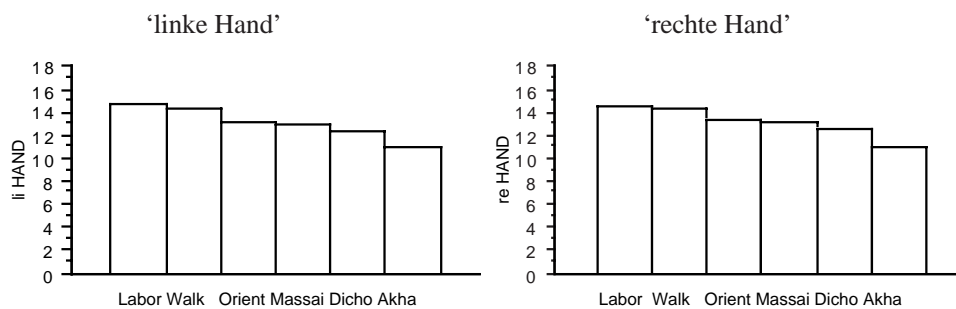


Abb. 96: Mittlere Anzahl an Richtignennungen im taktilen Diskriminationstest im Gruppenvergleich

Es zeigt sich die selbe Verteilung für beide 'Hände'. *Labor*- und *Walking*-Gruppe schneiden in diesem Test mit beiden 'Händen' am besten ab, gefolgt von den Gruppen *Orientierung* und *Massai*. Schließlich folgen, mit den meisten Fehlern, die Gruppen *Dichotisches Hören* und die Gruppe *Akha*.

Im Mittelwertvergleich (paired t-test) zwischen rechter und linker Hand ergibt nur für die Gruppen *Labor* (p rechts vs. links $p = .0715$) und *Massai* ($p = .0103$) statistisch signifikante Unterschiede. Nicht jedoch für die anderen Gruppen (*Dichotisches Hören* $p = .2293$; *Walking* $p = .3678$; *Orientierung* $p = .2055$; *Akha* $p = .7438$)

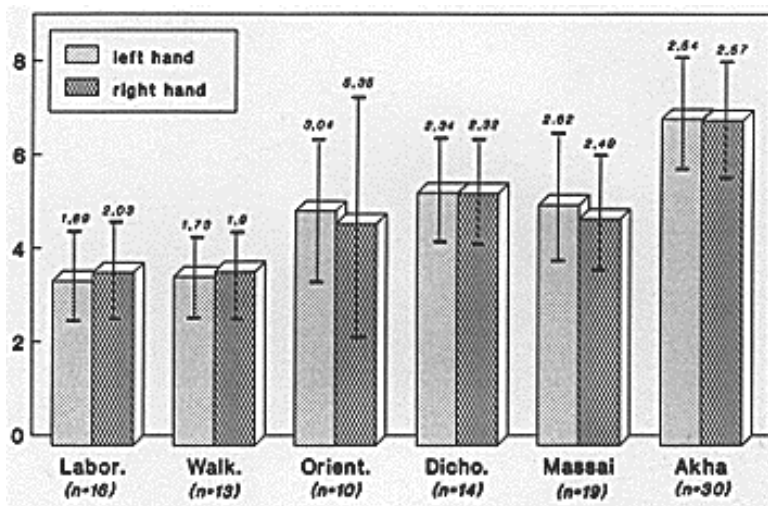
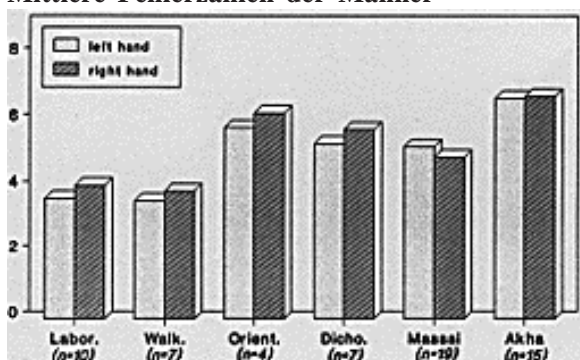
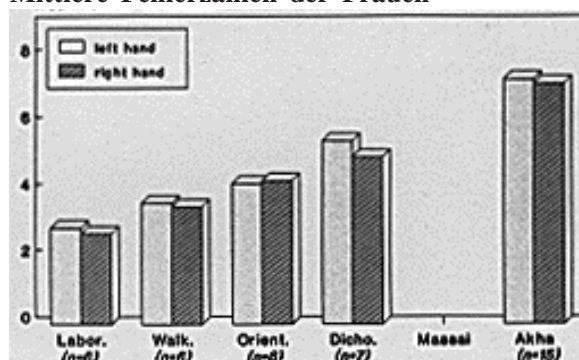


Abb. 97 Leistungsvergleich zwischen rechter und linker Hand im taktilen Diskriminationstest innerhalb der Gruppen, und getrennt nach männlichen und weiblichen Versuchspersonen: Mittlere Fehlerzahlen: dunkle Balken= 'rechte Hand'; hellere Balken= linke Hand.

Mittlere Fehlerzahlen der Männer



Mittlere Fehlerzahlen der Frauen



Für die Männer ergibt sich (mit Ausnahme der Gruppe Massai) eine etwas höhere Fehlerzahl mit der 'rechten Hand'.

Für die Frauen ergibt sich (mit Ausnahme der Gruppe Orientierung) eine etwas höhere Fehlerzahl mit der 'linken Hand'.

11.1.3. Entscheidungsverhalten der Versuchspersonen in Bezug auf die Fehlerarten

Das Entscheidungsverhalten unserer Versuchspersonen in Bezug auf die Fehlerarten stimmt mit den Befunden von Millar (1977) überein. Susan Millar konnte im 'same'-different-Blindenschriftzeichenvergleich bei 6-9 jährigen, rechtshändigen Kindern, deren Augen verbunden waren, höhere Fehlerraten für 'same'-Paare (40.5 %) im Gegensatz zu den 'different'-Paaren (33%) finden. Die Abbildung 98 zeigt am Beispiel zweier deutscher Gruppen und der afrikanischen Versuchspersonen, daß sich die Gruppen in Bezug auf die Fehlerarten in gleicher Weise verhalten.

Nachfolgende Abbildung zeigt am Beispiel von drei Gruppen (Labor, Walking und Massai) die prozentuale Häufigkeit im Auftreten der beiden Fehlerarten 'same' und 'different'

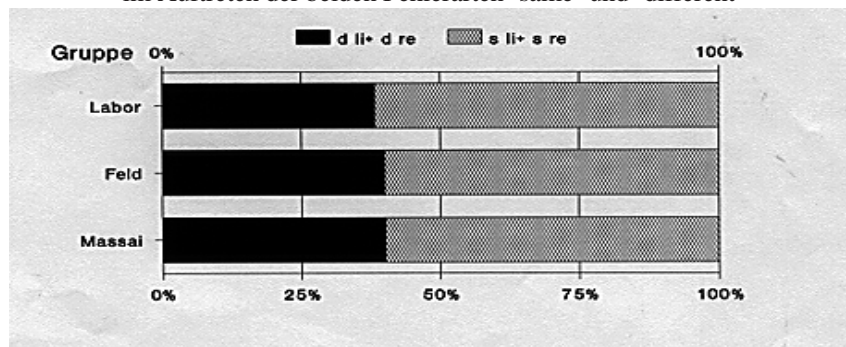


Abb. 98 Nur ca. 40% der Fehler kommen durch 'different'-Fehler zustande, indem die Versuchsperson zwei verschiedene Items in der taktilen Diskrimination vermeintlich für gleich hält. Dagegen resultieren 60% aller Falschnennungen aus 'same'-Fehlern, daß nämlich die Versuchspersonen gleiche Items für verschieden halten.

11.1.4. Lateralisierungsindizes der Gruppen für die Mittelwerte aus 8-Stunden taktilem Diskriminationstest Tabelle 97

Gruppe	$r/r+l*100=$ % Richtignennungen rechts, der Richtigen insgesamt	$l/r+l*100=$ % Richtignennungen links, der Richtigen insgesamt	$\%LI=r-l/r+l*100$
<i>Labor</i>	49.69	50.31	-0.623
<i>Walking</i>	49.81	50.19	-0.380
<i>Akha</i>	50.07	49.93	0.140
<i>Dich. Hören</i>	50.30	49.7	0.608
<i>Orientierung</i>	50.34	49.66	0.673
<i>Massai</i>	50.58	49.42	1.153
Alle Gruppen	50.13	49.87	0.262

Es ergibt sich für keine der Gruppen ein deutlicher Handvorteil. Die Lateralisierungen sind für die Gruppen minimal. Sie streuen zwischen einem Linkshandvorteil von 0.62% (Gruppe: *Labor*) und einem Rechtshandvorteil von 1.15% (Gruppe: *Dichotisches Hören*).

Über alle 102 Versuchspersonen in den fünf Gruppen, ergibt sich ein Lateralisierungs-Index von 0.262%, d.h. ein Rechtshandvorteil von **weniger als 0,3%**

Dennoch ergeben sich signifikante Unterschiede im M-Vergleich von rechter und linker Hand bei den Gruppen *Labor* (rH vs. lH: $p= .0635$) und *Massai* (rH vs. lH: $p= .0058$). In der *Labor*-Gruppe entsteht dieser Unterschied durch eine bessere Leistung der linken Hand gegenüber der rechten, in der *Massai*-Gruppe dagegen durch eine bessere Leistung der rechten Hand gegenüber der linken.

Die prozentuale Lateralisierung der Gruppen

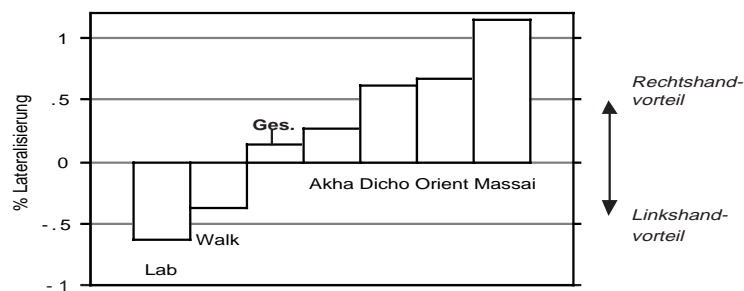


Abb. 99 Die Abbildung zeigt in einem Balkendiagramm den leichten Linkshandvorteil (M aus 8-stündigen Tastergebnissen) in den Gruppen *Labor* und *Walking* und einen ebenso minimalen Rechtshandvorteil der anderen Gruppen.

11.1.5. Zusammenfassung und Diskussion: Kein perzeptueller Tastvorteil der linken Hand für Braille-Muster

Im Zusammenhang mit dem taktilen Erkennen von Braille-Konfigurationen und anderen taktilen Stimuli wurde wiederholt argumentiert, daß sich ein Tastvorteil für die linke Hand (rechte Hemisphäre) ergibt.

Bertini et al. (1983) fanden, wie schon andere Arbeiten (Benton et al., 1978; Witelson, 1974), in wachen Versuchspersonen eine signifikante linkshändige Überlegenheit (rechtshemisphärische Überlegenheit) in der Verarbeitung räumlichen Materials. Hermelin und O'Connor (1971) sprechen von einer signifikanten Überlegenheit in Geschwindigkeit und Genauigkeit der linken Hand, bei erwachsenen geübten Braille-Lesern, die mit dem Mittelfinger in top-down-Richtung lesen. Geschlechtsübergreifend und altersunabhängig werden nach Rudel et al. (1977) weniger Lesefehler mit der linken Hand bei numerischer Diskrimination, räumliche Ausrichtung von Braille-Stimuli gemacht. Auch Harriman und Castell (1979) fanden einen Linkshandvorteil bei naiven Versuchspersonen für 3-4-5-Punkt Muster. Young und Ellis (1979) fanden eine rechtshemisphärische Überlegenheit für komplexe, räumliche Stimuli (Punktmuster/Musterpunkte zählen). Benton et al. (1973) stellten eine Überlegenheit der rechten Hemisphäre für das Wiedererkennen der Richtung einer taktil präsentierten Linie fest. Auch Dodds (1978) konnte in der Tasterkennungsleistung von zwei zu vergleichenden Formen Hemisphärenunterschiede finden. Dabei spricht er von einer durchgehenden Bevorzugung der rechten Hemisphäre.

Summers und Lederman sichteten 1990 schließlich methodenkritisch in einer Überblicksarbeit die Befunde zum Handvorteil in taktilen Aufgaben und kamen zu der folgenden Auffassung: “We conclude that there is a perceptual asymmetrie in these studies, favouring the left hand in tasks that seem to demand spatial mediation, and favouring the right hand in tasks that would seem to demand verbal mediation. These differential abilities are not robust, however, as there is good support for roughly as many null results as for predicted left- or right-hand superiorities. The data offer little support for... asymmetries in the somatosensory system.“ (S. 221). Diese Feststellung läßt sich mit unseren Ergebnissen in Einklang bringen. Zum einen ergab sich **in unserer taktilen Diskriminationsaufgabe kein nennenswerter Handvorteil (Lateralisierung < 1%)**, zum anderen lassen sich die **inkonsistenten Ergebnisse früherer Arbeiten durch die gefundenen ultradianen Fluktuationen erklären**, welche die Testleistungen in lateralisierten Wahrnehmungstests beeinflussen und in vorausgegangenen Arbeiten nicht berücksichtigt wurden.

In einer jüngsten MEG Untersuchung unserer Arbeitsgruppe zur Handrepräsentation im somatosensorischen Kortex bei 15 rechtshändigen, nicht Braille-Lesenden Erwachsenen, konnte kein Unterschied in der corticalen Organisation zwischen rechter und linker Hand gefunden werden.²⁸

Auch Parlow und Kinsbourne (1990) konnten nachweisen, daß es bei einfachen ‘Same’-‘Different’ Vergleichen von zwei Braille Zeichen weder einen Geschlechtsunterschied gibt, noch einen Unterschied in der mittleren Fehlerzahl zwischen rechter und linker Hand. Sollten die Konfigurationen als Ganzes erkannt werden, ergab sich ein Seitenunterschied aufgrund der Hemisphärenspezialisierung. Sollen nur zwei besetzte Braille-Zellen verglichen werden nach ‘gleich’ oder ‘verschieden’, ergab sich dieser Unterschied nicht. Dieses Ergebnis stimmt mit unseren Befunden überein.

Unsere Versuchspersonen hatten die Aufgabe zwei Braille-Konfigurationen miteinander zu vergleichen. Der Verarbeitungsprozeß des Abtastens, und die kognitive Entscheidung ob die Stimuli gleich oder verschieden sind, wären auf zwei Arten denkbar:

1. Gleichzeitige sensorische und motorische Exploration des 1. Objektes - mentaler Aufbau einer räumlich-bildhaften Objektrepräsentation - Abspeichern im (Kurzzeit-) Gedächtnis - gleichzeitige sensorische und motorische Exploration des 2. Objektes - mentaler Aufbau einer räumlich-bildhaften Objektrepräsentation - Erinnern des 1. Objektes - Vergleich der beiden Objekte vor dem Hintergrund der erinnerten Information.

2. Gleichzeitige sensorische und motorische Exploration des 1. Objektes - Wahrnehmung der Gestalt ohne bildhafte Objektrepräsentation - Abspeichern im (Kurzzeit-)Gedächtnis - Kein Vergleich beider repräsentierter Objekte, sondern Identifizierung des ersten Unterschiedes während der sensorischen und motorischen Exploration des 2. Objektes um die Aufgabe 'gleich' versus 'verschieden' zu lösen. - Abbruch der Exploration nach Identifikation des ersten Unterschiedes. Sowohl die Mitteilungen der Versuchspersonen, als auch unsere Ergebnisse sprechen für die letztgenannte Art des Vorganges. Ein peripherer Nacheffekt des vorangegangenen Reizes hält unkodiert für kurze Zeit an. Innerhalb dieser Zeit ist der neue taktile Reiz mit dem vorherigen vergleichbar. Ferner wäre ein kurzzeitiger Kodierungsprozeß denkbar, der Aufmerksamkeit bedarf, um die Information bis zum nächsten Reiz zu halten. Es ist anzunehmen, daß jeder neue Input den vorausgegangenen Nacheffekt überschreibt oder löscht. Mit der zeitlichen Verzögerung zwischen den beiden Reizen verschlechtert sich somit auch das taktile Gedächtnis. Höhere kognitive Prozesse und bildhafte Repräsentation scheinen für die taktile Diskrimination zweier Braille-Masernungen nicht von Bedeutung zu sein. Wie schon berichtet, zeigte sich für unsere Versuchspersonen kein Lernfortschritt hinsichtlich des Erkennens der Zeichen. Da die taktile Wahrnehmung beim Menschen gleichmäßig in beiden corticalen Hemisphären repräsentiert ist (Drucksensibilität, Zweipunktunterscheidung etc.) und sich erst bei komplexeren Aufgaben Handvorteile und damit Vorteile in der hemisphärischen Verarbeitung der Stimuli zeigen (Oscar-Berman et al., 1978; Benton, et al., 1978), verwundert der fehlende Linkshandvorteil unserer Versuchspersonen in der Diskriminationsleistung nicht.

Frühere Befunde geben an, daß das Gedächtnis für taktile Formen sich vom visuellen oder verbalen Gedächtnis unterscheidet, sofern die Muster nicht als semantische Einheiten erkannt und kodiert werden. Die Kodierung von ‘Nonsense’-Formen hängt nicht so sehr von der Aufmerksamkeit ab, als vielmehr von der vorgegebenen Latenzzeit. Für das taktile

²⁸ Gemessen wurde die corticale Aktivierung der D1, D2 und D5 rechter und linker Hand bei taktiler Stimulation [Parametern Dipolmoment (Q/nA), Amplitude (fT), Latenz (ms), Euklidische Distanz (mm)].

Gedächtnis bedeutet dies, daß die Versuchspersonen taktile Formen zunächst nicht als spezifische Konfigurationen abspeichern. Aus diesem Grund werden identische Formen bei 'same'-/different' Entscheidungen schneller erkannt, als gleiche Konfigurationen verschiedener Größe. Identische visuelle Formen können an ihrem global gleichen Umriß erkannt werden, während voneinander verschiedene Formen einer aufwendigeren Untersuchung bedürfen (Bamber, 1969; Kruger, 1973). Für taktile Formen, konkret Braille-Formationen dagegen, dauert der Vergleich für 'same'-Paare und 'different'-Paare gleich lang; ausgenommen für erfahrene Braille Leser, die den semantischen Inhalt der Zeichen verstehen (Millar, 1977).

Schon Millar behauptete - entgegen dem gängigen Argument, die linke Hand hätte, aufgrund der rechtshemisphärischen Überlegenheit in räumlichen Aufgaben, einen Tastvorteil (Milner und Taylor, 1972; Kumar, 1977) - daß das Wegfallen des Seitenvorteiles dadurch zu erklären sei, daß die Formen nicht räumlich kodiert würden. Unerfahrene Braille-Lerner zeigen zu Beginn ihrer Lernphase nämlich keinen solchen Linkshandvorteil (Millar, 1977; Rudel et al., 1974). Millar führt das erfolgreiche Diskriminieren auf Strukturunterschiede zurück, die durch unseren Tastsinn schnell und sicher erfaßt werden, nicht auf das tatsächliche Erkennen der Gestalt als räumliches Muster.

Da die Verarbeitung der Braille-Stimuli bei unseren naiven Versuchsteilnehmern auf einem sehr niedrigen, nämlich perzeptiven Niveau erfolgte und das somatosensorische System keine Asymmetrie kennt, kann rückschließend gefolgert werden, daß das **Stimulusmaterial geeignet war kontralaterale, zyklisch alternierende, hemisphärenspezifische Aktivierungsprozesse abzubilden.**

11.2. Periodenintervalle und intermanuelle 'Shift-Zyklen' der taktilen Diskrimination

11.2.1. Übersicht über die Frequenzen der Tastleistung in Minuten: Mediane (M)

Tabelle 98

	'Linke Hand'		'Rechte Hand'	
	<i>female</i>	<i>male</i>	<i>female</i>	<i>male</i>
<u>Labor (Studie I)</u>	180 (213.8)	135 (134)	120 (122.5)	120 (121.8)
Gesamt	135 (168.2)		120 (122)	
<u>Dich. Hören (Studie II)</u>	180 (167)	172.5 (168.8)	112.5 (142.5)	120 (150)
Gesamt	180 (167.9)		120 (146.9)	
<u>Walking (Studie III)</u>	135 (143.8)	127.5 (142.5)	116.3 (155)	120 (136)
Gesamt	127.5 (143)		120 (144.8)	
<u>Orientierung (Studie IV)</u>	150 (140)	120 (155)	187.5 (180)	135 (138.7)
Gesamt	135 (145)		157.5 (163.5)	
<u>Massai (Studie V.1)</u>		112.5 (124.7)		135 (127.9)
Gesamt	112.5 (124.7)		135 (127.9)	
<u>Akha (Studie V.2)</u>	120 (133.9)	116.3 (134.4)	150 (159.5)	120 (124.2)
Gesamt	120 (134.1)		121.3 (143.1)	
Alle Probanden insgesamt	135 (154.6)	120 (136.8)	127.5 (153.9)	120 (130.3)
	120 (144)		120 (139)	

Der Median über alle Probanden, die eine systematische Zyklizität aufweisen, ergibt **120 Minuten**, sowohl für die **linke**, als auch für die **‘rechte Hand’= 2 Stunden= 12 Zyklen pro Tag**; wobei die **Mittelwerte mit jeweils ca. 140 Minuten= 2.33 Stunden= 10.3 Zyklen pro Tag** auf eine langsamere Periodizität hinweisen.

11.2.2. Häufigkeitsverteilung der Frequenzen in der taktilen Diskriminationsleistung

Periodenhistogramm **‘linke Hand’** - alle Probanden Periodenhistogramm **‘rechte Hand’** - alle Probanden

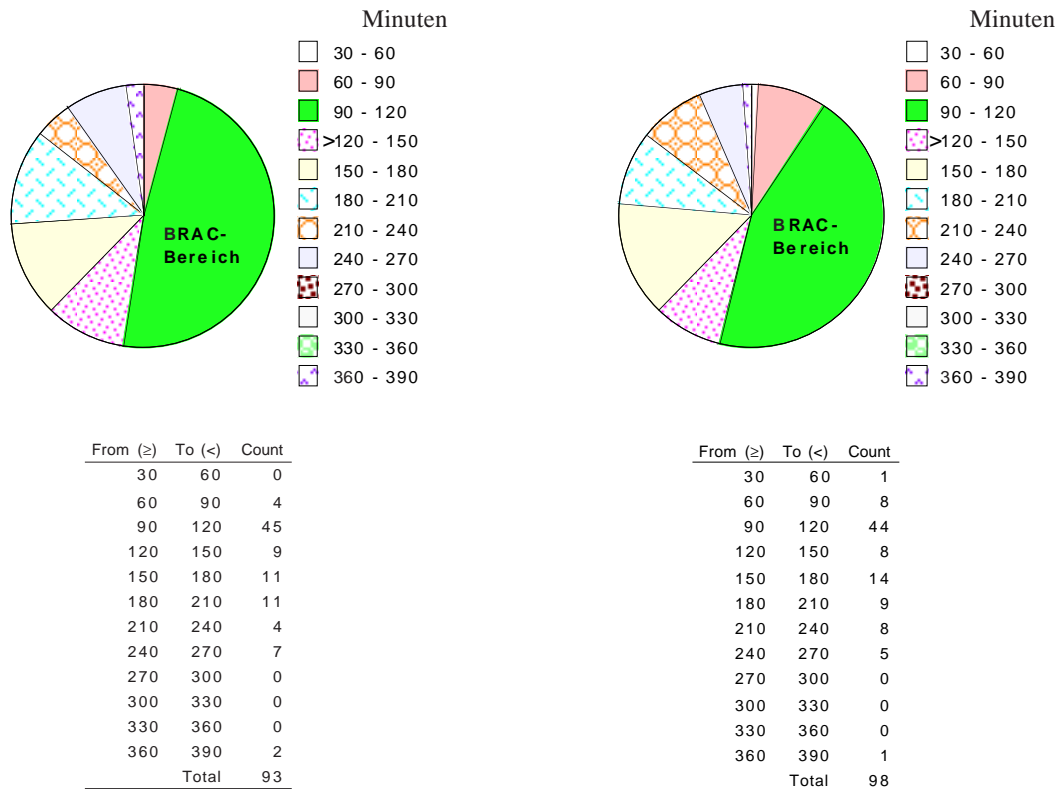


Abb. 100 zeigt als Häufigkeitsdiagramme die Periodenintervalle der links- und rechtshändigen taktilen Diskriminationsleistung

Die taktile Diskriminationsleistung der linken Hand oszilliert bei 45 Versuchspersonen (**44%**) von den insgesamt 102 Personen im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Vier Personen (3.9%) zeigen kürzere Periodenintervalle (zw. 60 und < 120 Minuten), 44 Personen (43%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 360 Minuten) und insgesamt neun Personen (8.8%) zeigen in der linkshändigen Leistung keine systematischen Schwingungen.

Alle Personen zusammengefaßt, erfährt die linke Hand im **Median eine Zyklizität von 120 min.= 2 Std.= 12 Z/T**; bei einem M von 144 min.= 2.4 Std.= 10 Z/T

Ebenso oszilliert die taktile Diskriminationsleistung der rechten Hand bei 44 Versuchsperson (**43%**) von den insgesamt 102 Personen im **Frequenzbereich zwischen 90-120 Minuten und damit im BRAC Bereich**. Hier zeigen neun Personen (8.8%) kürzere Periodenintervalle (zw. 40 und <120 Minuten, 45 Personen (44%) zeigen längere Zyklen (zw. >120 und 360 Minuten) und vier Personen (3.9%) zeigen sich in der rechtshändigen Leistung ohne systematische Schwingungen.

Alle Personen zusammengefaßt, erfährt die ‘rechte Hand’ im **Median ebenso eine Zyklizität von 120 min.= 2 Std.= 12 Z/T**; bei einem M von 139 min.= 2.3 Std.= 10.4 Z/T.

Die beiden Verteilungen unterscheiden sich statistisch nicht voneinander (Wilcoxon Signed Rank, reHand - liHand: p= .7399; Z= -.332)

11.2.3. Mittelwertsvergleiche zwischen den Periodenintervallen in der taktilen Diskriminationsleistung der Gruppen:

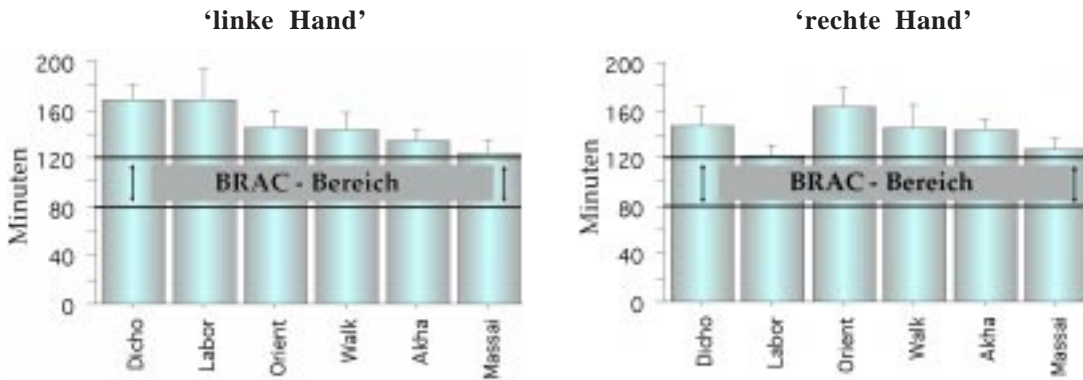


Abb. 101 Die Abbildung zeigt die mittleren Periodenintervalle in der taktilen Diskriminationsleistung rechter und linker Händezyklusreihen in einer Gegenüberstellung der verschiedenen Gruppen

Im Mittelwert ergibt sich für alle Gruppen eine Frequenz von ≥ 122 Minuten. Damit liegen die Gruppen sowohl für die linkshändigen, als auch für die rechtshändigen Oszillationen über der erweiterten BRAC-Frequenz von 80 - 120 Minuten.

-Periodenvergleich zwischen den rechts- und linkshändigen Zyklen zwischen den Gruppen: RH vs RH und LH vs LH
 Im statistischen Mittelwertsvergleich der Leistungszyklen (Wilcoxon Signed Rank) **ergeben sich keine Frequenzunterschiede zwischen den asiatischen und den deutschen Probanden**. Die afrikanischen Versuchsteilnehmer zeigen mit einer durchschnittlich um **43.5 Minuten schnelleren Rhythmizität in der 'linken Hand'** einen **signifikanten Unterschied zu den deutschen Laborgruppen** (*Labor links vs. Massai links*: $p = .0303$; $Z: -2.166$; *Dichotisches Hören links vs. Massai links*: $p = .0033$; $Z: -2.934$) nicht jedoch im Vergleich zu denjenigen deutschen Studenten, mit ähnlicheren Versuchsbedingungen im Freiland (*Walking* und *Orientierung*). In den **rechtshändigen Zyklen zeigen die Afrikaner keine Unterschiede zu den deutschen Gruppen, aber im Vergleich mit der asiatischen Gruppe signifikant schnellere Zyklen** (*Akha rechts vs. Massai rechts*: $p = .0245$; $Z: -2.249$). Hier ergeben sich **weiter keine Unterschiede zwischen den Kulturgruppen**, sondern vielmehr zwischen den verschiedenen Versuchsbedingungen: die **Laborgruppen** (*Labor* und *Dichotisches Hören*) **unterscheiden sich in der rechten Hand mit signifikant kürzeren Zyklen von der Orientierungsgruppe** mit Explorationsaufgabe (*Labor rechts vs. Orientierung rechts*: $p = .0663$; $Z: -1.836$; *Dichotisches Hören rechts vs. Orientierung rechts*: $p = .0180$; $Z: -2.366$), nicht jedoch von der *Walking*gruppe. **Die rechtshändigen Leistungszyklen verlangsamten sich unter Explorationsbedingungen (räumliche Aufgabe) im Mittel um 42 Minuten (Median: 23 Minuten). Umgekehrt verlangsamten sich die Leistungszyklen der 'linken Hand' unter der dichotischen Hörbedingung (verbale Aufgabe) verglichen mit der Laborgruppe im Median um 45 Minuten.**

-Periodenvergleich zwischen den rechtshändigen mit den linkshändigen Zyklen über die Gruppen: RH vs LH
 Die asiatischen Teilnehmer zeigen **signifikant langsamere Rhythmen in der rechten Hand als die afrikanischen Probanden**. Sowohl die deutschen Gruppenteilnehmer der verschiedenen Bedingungen (*Dichotisches Hören*, *Orientierung*, *Walking*), sowie die asiatische und die afrikanische Gruppe **zeigen keine signifikanten Frequenzunterschiede zwischen den Periodenintervallen rechts und links**. Nur bei der **Gruppe Labor** ergibt sich ein Unterschied in der Zyklenlänge: die Leistungszyklen der **linken Seite oszillieren durchschnittlich um 46 Minuten langsamer als die der rechten Seite**.

11.2.4. Mittelwertvergleich der interhemisphärischen ‘Shift’-Zyklen

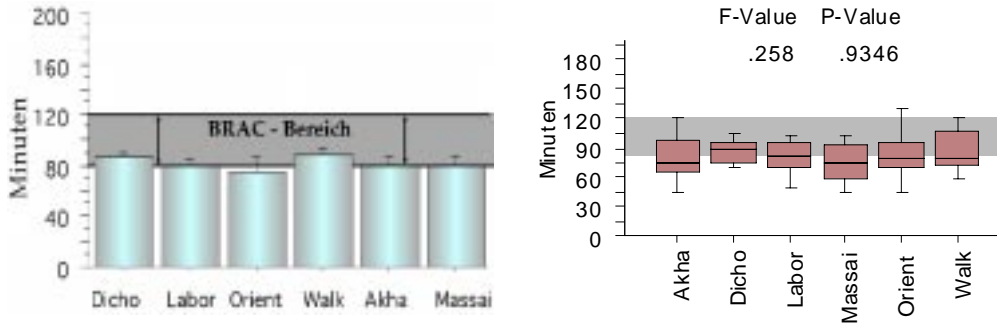


Abb. 102 zeigt eine Gegenüberstellung der Frequenzen der Interhemisphärischen ‘Shift’-Zyklen der verschiedenen Gruppen

Im Mittelwertvergleich der interhemisphärischen ‘Shift’-Zyklen ergibt sich statistisch kein Unterschied zwischen den Gruppen. Die Abbildung stellt dar, daß die mittleren zeitlichen Abstände mit denen sich Rechts- und Linkshandvorteile zyklisch abwechseln deutlich kürzer sind (M 82.9 Minuten; SD: 26.2/ Median 80 Minuten; MAD 15), als die durchschnittlichen Periodenintervalle der rechten (M 141.4; SD: 14.8) und linken Hände (M 147.2; SD:17.7.) Damit liegen die Gruppen Labor, Dichotisches Hören und Walking im Bereich ≥ 80 Minuten und ≤ 120 Minuten und damit im erweiterten BRAC-Bereich, während die Gruppen Orientierung, Akha und Massai knapp darunter liegen. 95 Personen (93%) zeigen einen zyklischen Leistungsshift (zwei Personen oszillieren mit rechter und linker Hand exakt parallel; weitere fünf Personen zeigen keine zyklischen Schwankungen im Seiten-‘Shift’ sondern nur unsystematische Fluktuationen).

Zum Verschiebungszeitpunkt ‘Lag = 0’ ergaben sich, wie weiter oben in den Regressionsanalysen dargestellt, über alle Versuchspersonen der Gruppen betrachtet, positive Zusammenhänge. Wobei sich für die Gruppe Orientierung der höchste positive Korrelations-Zusammenhang zwischen linker und rechter Hand zeigte: (Labor: r (df 588)= .799, $p < .0001$; Dichotisches Hören: r (df 502) = .754, $p < .0001$; Walking: r (df 480) = .617, $p < .0001$; Orientierung: r (df 359)= .907, $p < .0001$; Massai: r (df 627) = .844, $p < .0001$; Akha: r (df 1014) = .789, $p < .0001$). Ebenso positiv bleibt der Koeffizient über alle 102 Vpn hinweg: [r (df 3575)= .828, $p < .0001$].

11.2.5. Periodenintervalle der Kreuzkorrelationen in der Diskriminationsleistung rechter und linker Hand aller Versuchspersonen

Abb. 103

Mittelwerte der ‘Peak-to-Peak’ Intervalle der Kreuzkorrelation

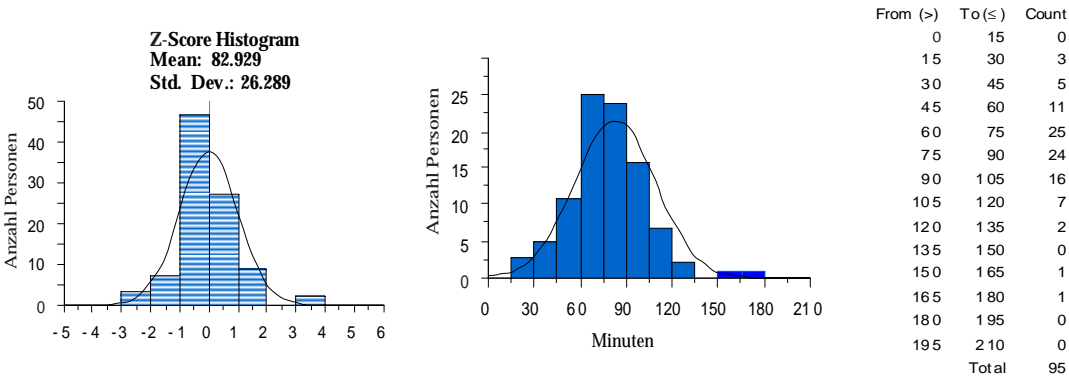
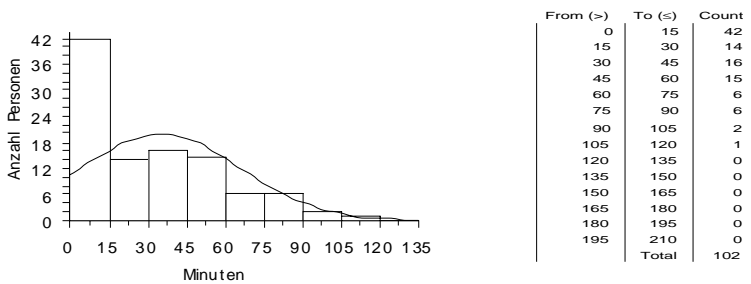
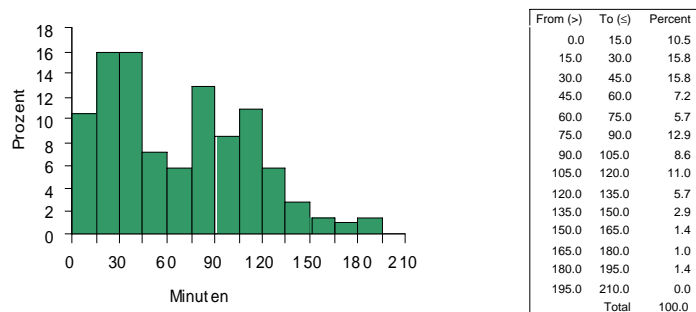


Abb. 104 Zeitdifferenz für jede Person zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum



Nachfolgende Abbildung zeigt nicht, wie oben, die Differenz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum der Kreuzkorrelationsvariable, sondern (als Histogramm) alle 'Peak-to-Peak' Differenzen zwischen den positiven Maxima in Prozentwerten ausgedrückt.

Abb. 105 Alle 'Peak-to-Peak' Differenzen zwischen den Maxima in der Kreuzkorrelationsvariable in Prozentwerten



Interhemisphärisch alternierende Leistungsmaxima

Korrelierte man die Variablen 'rechte Hand' und linke Hand jeweils um ein Lag versetzt (15 min.) schrittweise miteinander, so konnte, wie in den einzelnen Studien berichtet, geprüft werden, nach wievielen Minuten die beiden Variablen wieder mit einem positiven Koeffizienten korrelierten. In unserem Fall wurden die positiven Maxima der Kreuzkorrelationszeitreihe und ihre zeitliche Differenz bestimmt. Dieses Verfahren gab Auskunft über den periodischen Phasenzusammenhang der beiden Zeitreihen. Die Mittelwerte der 'Peak-to-Peak' Differenzen in der Kreuzkorrelationsvariable aus rechter versus linker Hand streuten zeitlich um den Frequenzbereich zwischen 30 und 135 Minuten, mit einem deutlichen Gipfel zwischen 60 und 90 Minuten.

26 Personen (25%) zeigten zum Verschiebungszeitpunkt 0 ein positives Maximum. Die Abbildung 104 stellte dar, daß die beiden Zeitreihen 'rechte' und 'linke Hand' bei 29% der Versuchspersonen schon nach einer Verschiebung um weitere ein bis zwei Lags (15-30 Minuten) maximal positiv aufeinander zu liegen kamen.

Schon nach einer Verschiebung um weitere zwei Lags (30-60 Minuten) korrelierten weitere 31% positiv. Bei **85% der Personen lag die zeitliche Distanz zwischen dem Verschiebungszeitpunkt 0 und dem ersten positiven Maximum nicht weiter als eine Stunde auseinander.** Das anschließende Histogramm (Abb. 105) bildete alle Zeitdifferenzen zwischen den positiven Maxima in den Kreuzkorrelations-Zeitreihen der Versuchspersonen ab. Hier fiel auf, daß eine große Anzahl der positiven Maxima-Differenzen im Zeitbereich zwischen 15 und 45 Minuten lag (32%) und die zweite Häufung von Maxima im Bereich zwischen 75 und 120 Minuten zu finden war (33%).

Bei **61% aller Personen ereignete sich der Interhemisphärische Leistungs-'Shift' im Frequenzbereich bis <90 Minuten (M).** Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) lagen **35%.** Der von der 'erweiterten' (**80-120 Minuten**) BRAC-Hypothese postulierte Interhemisphärische 'Shift' im ultradianen Zeitbereich bestätigt sich damit, mit einer mittleren Frequenz von **82.9 Minuten (Median: 80 min.)= 1.38 Stunden= 17.4 Z/T.**

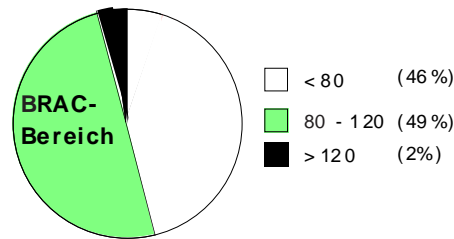


Abb. 106 zeigt die prozentualen Häufigkeiten bestimmter Frequenzbereiche in denen sich für die gesamten Vpn der Interhemisphärische Leistungs-'Shift' vollzieht

Frauen (81.6 min.) zeigten sich in ihren Leistungs-'Shifts' im Mittel nur um zwei Minuten schneller als die Männer (83.8 min.); im Median unterscheiden sie sich sogar lediglich um eine Minute. Fünf Personen zeigten keine zyklischen Leistungs-'Shifts'. Weitere zwei Personen zeigten ihr größtes positives Maximum zum Verschiebungszeitpunkt 0.

11.3. Lineare und quadratische/circadiane Niveauperänderungen in den Zeitreihen

11.3.1. Circadianperiodik in der taktilen Leistung im Gruppenvergleich und getrennt nach Geschlechtern

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich konnten, wie in den einzelnen Studien berichtet, als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Diese Bezeichnung war nicht mehr als eine naheliegende Interpretation, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch wiesen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin; nämlich auf circadiane Halbphasen.

Nachfolgend eine Darstellung der prozentualen Häufigkeit solcher circadianer Halbphasen in allen Händezeitreihen.

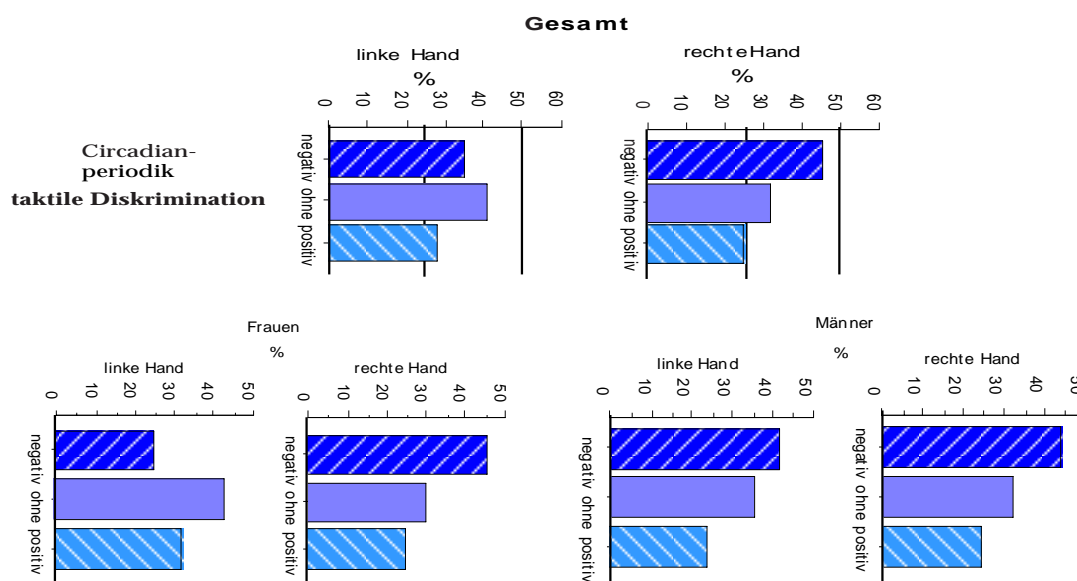


Abb. 107 stellt anhand von Balkendiagrammen die prozentuale Häufigkeit an quadratischen Niveauperänderungen, welche als Halbphasen der Circadianperiodik bezeichnet werden können, in den Leistungszeitreihen 'taktile Diskrimination der rechten und linken Hand' aller Versuchspersonen dar.

Wie aus der Darstellung deutlich wird, unterscheiden sich Frauen und Männer auch über alle Versuchspersonen hinweg betrachtet, nicht im Hinblick auf die Verteilungen der circadianen Halbphasen in der rechten Hand (linken Hemisphäre). Dagegen ergibt sich für die linke Hand (rechte Hemisphäre) ein Geschlechtsunterschied: Frauen bleiben in der 'linken Hand' in der Mehrzahl der Personen ohne circadiane Schwingung. Bei den Männern jedoch erfährt die Mehrzahl der Personen einen negative Circadianperiodik. **Damit sind Männer hinsichtlich der Circadianperiodik in der 'linken' (rechte Hemisphäre) und 'rechten Hand' (linken Hemisphäre) gleichverteilt. Frauen dagegen zeigen Unterschiede zwischen den Händen: während die Leistung der rechten Seite (linke Hemisphäre) mehrheitlich einem negativen circadianen Verlauf unterliegt, bleibt die der linken Seite (rechte Hemisphäre) überwiegend ohne Circadianperiodik.** Der zweitstärkste Trend bei den Frauen sind in der 'linken Hand' positive circadiane Halbphasen.

Die Circadianperiodik der taktilen Diskriminationsleistung beider Hände in den einzelnen Gruppen:

'linke Hand' (rechte Hemisphäre)

'rechte Hand' (linke Hemisphäre)

Studie I: Labor

12%, einen negativen circadianen Verlauf (eine Frau, ein Mann); 56%, keine circadianen Schwankungen (zwei Frauen, sieben Männer); 31%, einen positiven circadianen Verlauf (kein Mann).	31%, einen negativen circadianen Verlauf (drei Frauen, zwei Männer); 63%, keine circadianen Schwankungen (zwei Frauen, acht Männer); 6%, einen positiven circadianen Verlauf (kein Mann)
---	--

Studie II: Dichotisches Hören

29%, einen negativen circadianen Verlauf (zwei Frauen, zwei Männer); 50%, keine circadianen Schwankungen (vier Frauen, drei Männer); 21%, einen positiven circadianen Verlauf (kein Mann)	42%, einen negativen circadianen Verlauf (vier Frauen, zwei Männer); 29%, keine circadianen Schwankungen (eine Frau, drei Männer); 29%, einen positiven circadianen Verlauf (zwei Frauen, zwei Männer)
---	--

Studie III: Walking

38%, einen negativen circadianen Verlauf (eine Frau, vier Männer); 54%, keine circadianen Schwankungen (vier Frauen, drei Männer); 7%, einen positiven circadianen Verlauf (kein Mann)	54%, einen negativen circadianen Verlauf (zwei Frauen, fünf Männer); 31%, keine circadianen Schwankungen (zwei Frauen, zwei Männer); 15%, einen positiven circadianen Verlauf (zwei Frauen, zwei Männer)
--	--

Studie IV: Orientierung

60%, einen negativen circadianen Verlauf (drei Frauen, drei Männer); 20% keine circadiane Schwankungen (zwei Frauen); 20%, einen positiven circadianen Verlauf (eine Frau, ein Mann)	30%, einen negativen circadianen Verlauf (zwei Frauen, ein Mann); 50%, keine circadianen Schwankungen (vier Frauen, ein Mann); 20%, einen positiven circadianen Verlauf (zwei Frauen, zwei Männer)
--	--

Studie V.1: Massai (nur männliche Probanden)

42%, einen negativen circadianen Verlauf 37% keine circadiane Schwankungen 21%, einen positiven circadianen Verlauf	63%, einen negativen circadianen Verlauf, 16%, keine circadianen Schwankungen 21%, einen positiven circadianen Verlauf
---	--

Studie V.2: Gruppe Akha

33%, einen negativen circadianen Verlauf (drei Frauen, sieben Männer); 23% keine circadiane Schwankungen (fünf Frauen, zwei Männer); 43%, einen positiven circadianen Verlauf (sieben Frauen, sechs Männer)	40%, einen negativen circadianen Verlauf (sieben Frauen, fünf Männer); 20%, keine circadianen Schwankungen (drei Frauen, drei Männer); 40%, einen positiven circadianen Verlauf (fünf Frauen, sieben Männer)
---	--

Zusammenfassung und Diskussion

Die **Studie I: Gruppe Labor** stellt die Referenz für alle folgenden Experimentalbedingungen dar. Die Versuchsteilnehmer der Gruppe *Labor* verbrachten den 8-stündigen Meßtag isoliert mit dem Versuchsleiter in einer distraktorarmen Umgebung, ohne zusätzliche kognitive und motorische Anforderungen. Ihre einzige Aufgabe war es viertelstündlich den taktilen Diskriminationstest mit beiden Händen auszuführen. Die Mehrheit der Versuchspersonen erfährt hier rechts- und linkshändig keine Circadianperiodik. Die Hände zeigen dabei eine Tendenz zu kontroversen Phasenverläufen: die 'rechte Hand' mit negativem circadianen Verlauf, die linke dagegen mit positivem. Die **Studie II: Gruppe Dichotisches Hören**: Bei den Versuchspersonen, welche zusätzlich der 8-stündigen **verbalen Aufgabe** unterzogen wurden, ändert sich diese Verteilung deutlich. Hier weist die Mehrheit der Probanden eine negative Circadianperiodik für die 'rechte Hand' (linke Hemisphäre) auf, bei gleichzeitig gleichbleibender Tagesleistung in der 'linken Hand'. Die **Studie IV: Gruppe Orientierung**: Vergleicht man die Gruppe 'verbale Aufgabe' mit der Gruppe '**räumliche Aufgabe**' kehren sich die Verteilungen in ihr Gegenteil um. Die Mehrheit der Gruppe *Orientierung*, welche zusätzlich zum taktilen Test eine 8-stündige Orientierungsaufgabe zu erfüllen hatte, erfährt eine negative Circadianperiodik für die linke Hand (rechte Hemisphäre) bei gleichzeitig gleichbleibender Tagesleistung in der rechten Hand. Daß dieser 'Shift' durch die lokomotorische Anforderung zustande kommt ist unwahrscheinlich, betrachtet man die Vergleichsgruppe *Walking*. Diese Gruppe verbrachte den 8-stündigen Tag, ebenso wie die *Orientierungsgruppe*, unter Lokomotion im Freiland mit viertelstündlichen Braille-Tests. Die Probanden mußten aber, im Gegensatz zur Orientierungsstudie, darüberhinaus keine kognitive Aufgabe erfüllen. Sie unterhielten sich den Tag über mit dem Versuchsleiter, während sie eine vorgegebene Strecke abliefen. Diese Probanden zeigen eine, der dichotischen Hörgruppe vergleichbare, Verteilung: Die Mehrheit mit einem negativem Circadiantrend 'rechts' bei gleichbleibender Leistung links.

Für die Gruppe *Massai (Studie V.1.)* ergibt sich ein ganz neues Bild. Zu beachten ist, daß diese Gruppe nur aus männlichen Personen besteht. Die *Massai* verbrachten den Tag paarweise, ähnlich der *Walking*bedingung, unter Lokomotion im Freiland mit viertelstündlichen Braille-Tests und unterhielten sich miteinander während sie eine vorgegebene Strecke abliefen. Hier jedoch folgten sie nicht dem Versuchsleiter, sondern trieben die Viehherde in einer

ihrer Hirtenrouten über Weideland. Sie waren den Tag über also im Austausch mit ihrem Partner, orientierten sich im Freiland und beaufsichtigten Viehherden. Die *Massai* absolvierten also eine **verbale und eine räumliche Aufgabe** gleichzeitig. Die **'rechte Hand'** (linke Hemisphäre) erfährt ähnlich der *Walking*-Gruppe mehrheitlich einen negativ circadianen Verlauf während hier die linke Hand (rechte Hemisphäre) ebenso eine negative Circadianperiodik zeigt.

Die Tagesanforderungen der Gruppe *Akha* (**Studie V.2.**) unterscheiden sich von den Aktivitäten der übrigen Versuchspersonen. Während der Versuchstage spielte sowohl der Einsatz **diverser kognitiver Strategien** eine Rolle, sowie vorwiegend hohe **körperliche Leistungsanforderungen**. Der taktile Test wurde neben den Arbeiten auf dem Reisfeld, den Arbeiten in den entfernter gelegenen Gärten, Bauarbeiten an den Bambushütten, Waldarbeiten, neben der Jagd und dem Fischfang absolviert. Ferner handelt es sich hier nicht um isolierte Versuchspersonen oder Paare, sondern um synchron handelnde Gruppen mit einer Stärke von 5 - 30 Personen. Die Prozentanteile für negative, positive oder keine circadianen Halbphasen sind etwa gleichverteilt. Der höchste Prozentsatz an Versuchspersonen erfährt für **beide 'Hände' (Hemisphären) eine positive Circadianperiodik**. Das bedeutet, die Mehrheit der Probanden zeigt ein ausgeprägtes **Mittagstief** in der beidseitigen Leistung. Diesen Befund weisen die *Akha*-Probanden auch in ihrer 'Valenz' auf. Um die Mittagszeit sinkt die Befindlichkeit stark ab. Womöglich läßt sich mit dieser Abnahme der Valenz auch die Leistungsabnahme im taktilen Wahrnehmungstest erklären. Der veränderte Phasenverlauf, verglichen mit den circadianen Halbphasen der anderen Gruppen, mag zum einen durch körperliche Müdigkeit zustandekommen, zum anderen ist die Gruppe durch die Vielzahl an unterschiedlichen Anforderungen inhomogen.

Betrachtet man, um die Gruppen *Massai* und *Akha* besser vergleichen zu können **nur die männlichen Probanden**, so verschieben sich die Prozentzahlen für 'links' stärker zu einem negativen circadianem Verlauf, 'rechts' stärker zu einem positiven. Während die **'rechte Hand'/linke Hemisphäre zur kommunikationsfreien Mittagszeit ein Leistungstief** aufweist, ergibt sich für die **'linke Hand'/rechte Hemisphäre gleichzeitig eine Verbesserung, die wieder zurückgeht, wenn die Gruppe sich wieder zur gemeinsamen Tätigkeit trifft**. Die **Frauen dagegen zeigen gerade das umgekehrte Phänomen; nämlich ein Mittagshoch für die 'rechte Hand'/linke Hemisphäre**. Der Grund für diesen Unterschied könnte darin zu finden sein, daß Frauen während der gemeinsamen Arbeit mit Männern anteilig weniger sprechen. Erst in der Pause um die Mittagszeit, wenn sie unter sich sind und ihre Kinder wiedersehen, kommt es zu ausgedehntem verbalen Austausch.

Für die anderen Gruppen läßt sich **zusammenfassend sagen, daß unter hemisphärenspezifischer, kognitiver Belastung lateralisiert eine negative Circadianperiodik auftritt, d.h., wobei kontralateral die Seite vermehrt einem circadianen Einfluß unterliegt, welche hemisphärenspezifisch belastet wird. Bei der räumlichen Aufgabe ist es die linke Hand/rechte Hemisphäre, bei der verbalen Aufgabe ist es die 'rechte Hand'/linke Hemisphäre.**

11.3.2. Steigende und sinkende Tastleistungen der Versuchspersonen innerhalb eines Tages (n = 102)

Tabellen 99a+b

a) Personen mit **signifikant steigender Anzahl an Richtignennungen** im taktilen Test über den Tag

'linke Hand'			'rechte Hand'				
	Koeffizient	p		Koeffizient	p		
fem	.4410	.0297	AADJA	fem	.2310	.0554	LCLA(Trend)
fem	.2880	.0977	AADU(Trend)	fem	.2580	.0358	DDANT
				fem	.260	.0487	WLIS
				fem	.246	.0035	OCHRN
				fem	.5590	.0019	AABMIA
				fem	.4100	.0535	ABOFAN(Trend)
male	.3460	.0360	DPAUP	male	.328	.0149	WAND
male	.246	.0563	WALF(Trend)	male	.315	.0826	WCHR(Trend)
male	.349	.0344	WHG	male	.309	.0166	WHG
male	.311	.0291	OOLIL	male	.202	.0651	OKLAH
male	.5080	.0051	MJUL29	male	.454	.0003	MJUL29
male	.4140	.0579	MSAI21(Trend)	male	.5930	.0012	MSAI21
male	.4180	.0020	AABH1	male	.4820	.0015	AABH1
male	.2750	.0373	AAPPA	male	.4040	.0599	AAO(Trend)
male	.5470	.0124	AMODSCHU	male	.5240	.0031	AATU
				male	.4830	.0214	AMODSCHU

b) Personen mit signifikant steigender Anzahl an Fehlern im taktilen Test über den Tag

'linke Hand'			'rechte Hand'				
	Koeffizient	p	Vpn		Koeffizient	p	Vpn
fem	-.2210	.0219	LSAB	fem	-.2360	.0478	LJUL
fem	-0.407	.0595	AMICHO (Trend)	fem	-.316	.0065	WJUL
male	-.2190	.0988	LFIL(Trend)	male	-.006	.0854	WRAL(Trend)
male	-.3920	.0233	DNORM	male	-.773	.0176	MMPE16
male	-.466	.0672	AAHGA(Trend)	male	-.372	.0345	MNOA28
male	-.31	.0993	AAALA (Trend)	male	-.3940	.0384	MSAI25
male	-.355	.0573	OJOES	male	-.3920	.0535	AAALA(Trend)
				male	-.6010	.0029	AAPI

Vergleicht man die linearen Trends lateralisiert, so fällt auf, daß die Zeitreihen der **rechten Hand** insgesamt mehr positiven und negativen Veränderungen in den Verläufen unterliegen (27%), als die der linken (17%). Dieser Befund ist statistisch signifikant ($p < .0001$, Chi Square) **Von insgesamt 204 Zeitreihen der Hände aber, zeigen nur 45 davon signifikante Verbesserungen oder Verschlechterungen in der taktilen Diskriminationsleistung über den Tag.** Das entspricht 22%. Ferner wird deutlich, daß **Männer** insgesamt betrachtet in einer der beiden 'Hände' überzufällig mehr lineare Trends über die Zeit aufweisen (26% insg: 'rechts' = 29%; 'links' = 23%) als Frauen (16% insg; 'rechts' = 23%; 'links' = 10%) mit $p < .0001$; Chi Square).

Einige wenige Versuchspersonen zeigen Verschlechterungen in der Tastleistung über den Meßtag. Alle Gruppen zusammengekommen ergeben in 8% der Zeitreihen einen stetigen Fehleranstieg über den Tag. Nur eine Person (Subject = AALA) zeigt diesen linearen Fehleranstieg in beiden Hand-Zeitreihen. Bei diesem männliche Proband aus dem Bergland Nordthailands besteht einer Suchtproblematik. Wie wir später erfuhren, liegt der Grund für seine Ausnahmewerte darin, daß er während des Versuchstages mehrmals Opium rauchte.

Eine stetige Niveauverbesserung in einer der beiden Händezeitreihen weisen 13% aller Versuchs teilnehmer auf. Nur fünf Personen (5%) allerdings zeigen diesen Leistungsanstieg über die Testzeit für beide 'Hände'.

Neben ultradianen und circadianen Fluktuationen in den Zeitreihen fand sich, wie in den einzelnen Studien beschrieben, kein Anzeichen dafür, daß die Probanden die Braille-Zeichen im Laufe der Tage als Bedeutungseinheiten wiedererkennen lernten. Offenbar wurde keine Kodierung der sinnfreien Punktmuster vorgenommen. Vielmehr wurde auch nach mehrstündiger Darbietung das taktile Diskriminationsergebnis 'naiv' wiedergegeben. Allerdings führte die zunehmende Tasterfahrung zu einer verbesserten Fähigkeit, die taktilen Stimuli sensorisch zu unterscheiden.

11.3.3. Tastleistungen bei mehrmaliger Teilnahme am Experiment

Einige Versuchspersonen der Gruppe *Massai* nahmen an mehreren Tagen am taktilen Diskriminationstest teil. Motivational bedeutsam für die mehrmalige Teilnahme am Experiment könnte die Entlohnung mit Geldgeschenken gewesen sein. Auch einige wenige Personen aus anderen Gruppen nahmen zwei- bis dreimal am taktilen Test teil. Obgleich die Probanden angaben, die Abtastzeit für die taktilen Stimuli, sowie die Entscheidungszeit, ob die Zeichen gleich oder verschieden sind, würde sich über die Zeit verkürzen, berichtete keiner dieser Versuchsteilnehmer, die einzelnen Zeichen wiedererkennen zu können.

Lernprofil am Beispiel der Versuchsperson MSAI

Meßtage	Mittelwerte Richtig- nennungen 'rechte Hand'	Kommentare für 'rechte Hand'	Mittelwerte Richtig- nennungen 'linke Hand'	Kommentare für linke Hand	Insgesamt
21. Nov.	13.09	1. Meßtag	12.91	1. Meßtag	Rechtshandvorteil
25. Nov.	12.19	Verschlechterung	13	Verbesserung	Linkshandvorteil
29. Nov.	16.27	Verbesserung	16.67	Verbesserung	Linkshandvorteil
30. Nov.	14.07	Verschlechterung	14.4	Verschlechterung	Linkshandvorteil
01. Dez.	15.93	Verbesserung	15.77	Verbesserung	Rechtshandvorteil
03. Dez.	14.09	Verschlechterung	15.19	Verschlechterung	Linkshandvorteil

Für die Person Msai ergibt sich am ersten Meßtag ein Mittelwert von 13 Richtignennungen pro Meßdurchgang (72% Richtige). Innerhalb dieses ersten Tages erfährt die Zeitreihe für beide 'Hände' eine signifikant ansteigende Leistungsverbesserung. Vier Tage später weist die Person im Mittel eine kleine Verschlechterung ($M = 12.6$ Richtignennungen) auf. An diesem 2. Experimentaltag erfährt nur die Zeitreihe 'rechte Hand' innerhalb der 8-stündigen Meßzeit eine signifikante Leistungsverschlechterung. Wiederum vier Tage später ergibt sich eine deutliche Verbesserung (um 22%); durchschnittlich fast vier mehr Richtignennungen pro Durchgang (16.5 Nennungen= 92% Richtige). Einen Tag darauf fällt der Schnitt deutlich ab: nur noch 14 Richtignennungen pro Durchgang. Widerum zwei Tage später wird die Versuchsperson wieder um fast zwei Treffer je Durchgang besser (15.9 Richtignennungen). Und noch zwei Tage später liegt der Mittelwert mit 14.6 richtigen Nennungen pro 32 Durchgänge und 81% Richtigen, zwar niedriger als am vorausgehenden Versuchstag, aber insgesamt um 9% höher als zu Meßbeginn vor 13 Tagen.

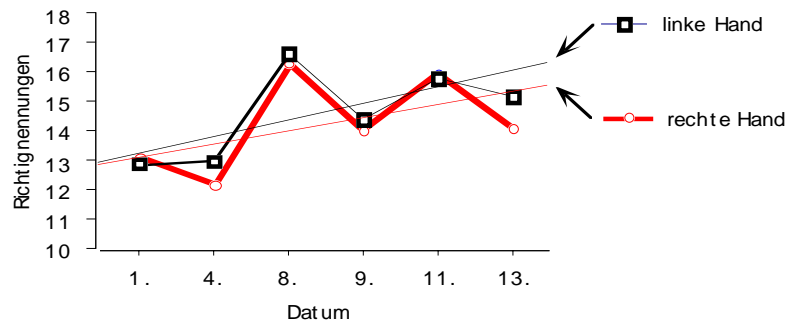


Abb. 108 'Lernkurve' der Versuchsperson Msai über sechs Meßtage (pro 32 Durchgängen= 48 Std. Messung) mit Trendlinien (Zeitraum= 13 Tage; Verbesserung zwischen 1. und 6. Versuchstag= 9%)

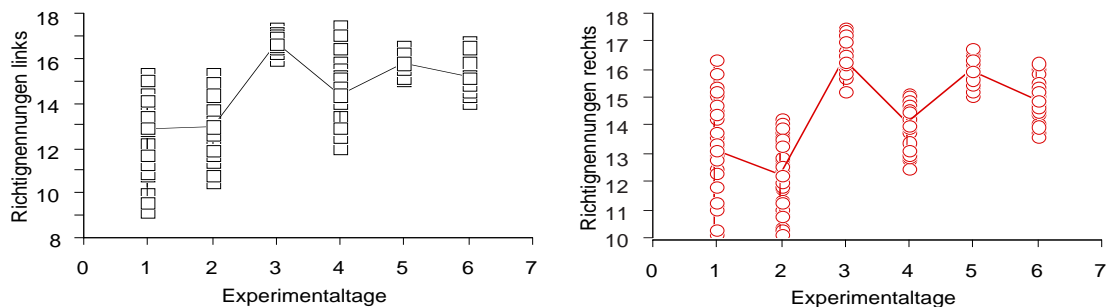


Abb. 109 'Lernkurven' der Versuchsperson MSAI getrennt nach rechter und linker Hand mit Oszillationen um die Tagesmittelwerte

Eine zweite Versuchsperson (Mmpe) zeigt am ersten Meßtag ein Mittelwert von 11.5 Richtignennungen pro Meßdurchgang (64% Richtige) und am letzten Versuchstag im Mittel 13.4 Richtignennungen pro Durchgang (75% Richtige). Am 2. Experimentaltag erfährt die Zeitreihe 'rechte Hand' lateralisiert, innerhalb der 8-stündigen Meßzeit, eine signifikante Leistungsverschlechterung.

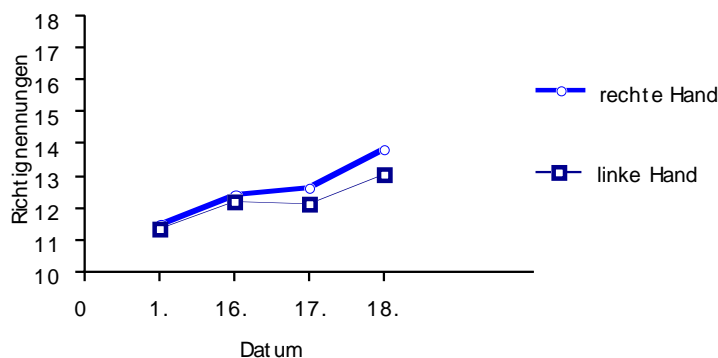


Abb. 110 'Lernkurve' der Versuchsperson Mmpe über vier Meßtage (Zeitraum= 18 Tage; Verbesserung zwischen 1. und 4. Versuchstag = 11%)

Auffällig für beide Beispiele ist, daß sich nicht etwa die Leistung einer Hand unabhängig von der anderen verändert. Vielmehr scheint es so zu sein, daß sich die **Trendveränderungen parallel in der beidseitigen Tastleistung**

vollziehen. Das ‘Auf’ und ‘Ab’ der Lernkurven geschieht synchron zwischen rechter und linker Hand, selbst an Tagen an denen sich die Leistung deutlich von anderen Versuchstagen unterscheidet (vgl. Versuchsperson Msai, dritter Meßtag). **Es findet keine lateralisierte Leistungsverbesserung statt.** Beide Versuchspersonen zeigen **keine einseitige Verbesserung für die linke Hand.** Beide Personen zeigen am 2. Experimentaltag eine lateralisierte, signifikante Leistungsverschlechterung in der Zeitreihe ‘rechte Hand’ während der 8-stündigen Meßzeit.

Abschließende Beurteilung

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es bei 13% aller Versuchspersonen innerhalb eines Versuchstages zu einer signifikanten Trendveränderung in einer der beiden Händezeitreihen kommt. Dabei unterliegt die ‘rechte Hand’ prozentual häufiger linearen Trendveränderungen und dies bei männlichen Probanden vergleichsweise häufiger als bei Frauen. Wir kennen den Grund für diesen Seiten- und Geschlechterunterschied nicht.

5% aller Versuchsteilnehmer zeigen beidseitige Niveauveränderungen in ihren Händezeitreihen. Bei 95% aller Versuchsteilnehmer bleibt die mittlere Leistung über den Tag damit insgesamt gleich. Um dieses mittlere Niveau fluktuieren ultradiane und circadiane Schwingungen.

Bei Meßwiederholungen über mehrere Tage ergibt sich bei einigen Personen eine Leistungsverbesserung in beiden ‘Händen’. Dabei berichten die Personen, daß sie die Zeichen selbst nicht wiedererkennen können, sondern sich das Empfinden für die taktilen Stimuli aufgrund der Tasterfahrung verbessert hat. Der Übungseinfluß prägt spezifisch die sensorische Modalität ‘Tasten’ besser aus. Die Leistungsveränderungen über die verschiedenen Meßtage finden rechts- und linksseitig parallel statt und scheinen durch die tagesspezifische Gesamtleistungsfähigkeit oder auch Gesamtmotivation der Person bedingt zu sein.

11.3.4. Circadianperiodik in den Dimensionen der Befindlichkeit

Die langsamen Schwankungen im niederfrequenten Bereich können, wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben wurde, auch in den Befindlichkeitsdimensionen als circadiane Halbphasen der Tagesrhythmik verstanden werden. Wie auch für die Händezeitreihen gilt die Einschränkung, daß diese Bezeichnung nicht mehr als eine naheliegende Interpretation ist, da aufgrund der kurzen Meßzeit (acht Stunden) keine vollständige Circadianphase beobachtet und untersucht werden konnte. Dennoch weisen die statistisch signifikanten quadratischen Verläufe, auf Schwankungen in einem Zeitbereich größer als die gefundenen ultradianen Rhythmen hin.

11.3.4.1. Befindlichkeitsebene ‘Valenz’

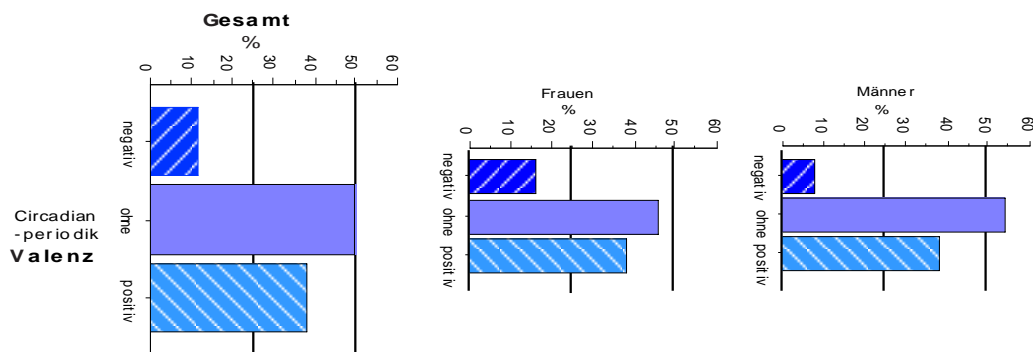


Abb. 111 stellt anhand von Balkendiagrammen die prozentuale Häufigkeit an quadratischen Niveauveränderungen, welche als Halbphasen der Circadianperiodik bezeichnet werden können, in der Befindlichkeitsebene ‘Valenz’ für alle Versuchspersonen und getrennt nach Männern und Frauen dar.

Hinsichtlich der Befindlichkeitsebene ‘Valenz’ unterscheiden sich die Frauen nicht von den Männern. Die Mehrzahl der Personen (M 50%) erlebt keine circadianen Einflüsse auf die Gestimmtheit und nur ca. 38% geben ein Mittagstief an. 9% mehr Frauen als Männer erleben zur Hälfte der Testzeit eine Stimmungsaufhellung. Dennoch überwiegt prozentual eine negative Gestimmtheit um die Mittagszeit.

Die circadianen Halbphasen in der Befindlichkeitsebene 'Valenz' in den einzelnen Gruppen:

Gruppe Akha:

7 % weisen einen negativen circadianen Verlauf: $r \leq -.003$ auf (keiner der Männer).

Elf Personen (42%) zeigen keine circadianen Schwankungen (drei Frauen und acht Männer).

Für 13 Personen (**50%**) **ergibt sich ein positiver circadianer Verlauf:** $r \geq .003$ (sechs Frauen und sieben Männer).

15% (zwei Männer, zwei Frauen) zeigen einen signifikanten Stimmungsabfall über den Tag.

Gruppe Dichotisches Hören:

Drei Personen (21%) weisen einen negativen circadianen Verlauf: $r \leq -.003$ auf (zwei Frauen, ein Mann).

Sieben Personen zeigen keine circadianen Schwankungen (drei Frauen und vier Männer).

Für vier Personen (29%) ergibt sich ein positiver circadianer Verlauf: $r \geq .003$ (zwei Frauen und zwei Männer). Das bedeutet, daß **50% der Versuchspersonen der Gruppe Dichotisches Hören zeigen keine systematischen circadianen Schwankungen in der 'Valenz' zeigen.**

21% zeigen einen signifikanten Stimmungsabfall über den Tag (zwei Männer und eine Frau).

21% zeigen eine signifikante Zunahme des positiven Befindens im Laufe des Tages (ein Mann und zwei Frauen).

Gruppe Orientierung:

Eine männliche Person weist einen negativen circadianen Verlauf: $r \leq -.003$ auf.

Sieben Personen (70%) zeigen keine circadianen Schwankungen (fünf Frauen und zwei Männer).

Für zwei Personen (20%) ergibt sich ein positiver circadianer Verlauf: $r \geq .003$ (eine Frau und ein Mann). Das bedeutet, daß **70% der Versuchspersonen der Gruppe Orientierung erleben keine systematischen circadianen Schwankungen in der 'Valenz' erleben.**

20% zeigen einen signifikanten Stimmungsabfall über den Tag (zwei Frauen)

10% erfahren eine signifikante Zunahme des positiven Befindens im Laufe des Tages (ein Mann)

Zusammenfassung und Diskussion

In der Gruppe *Dichotisches Hören*, welche eine verbale Aufgabe im Labor absolvierte, sowie in der Gruppe *Orientierung*, welche eine räumliche Aufgabe im Freiland zu Erfüllen hatte, kommt es prozentual bei den meisten Probanden nicht zu circadianen Stimmungsschwankungen. Allerdings erfährt fast jeder vierte ein Stimmungstief um die Mittagszeit. Bei den Versuchspersonen im Labor liegt diese Zahl etwas höher.

Bei der thailändischen Berglandgruppe der *Akha* zeigten die Hälfte aller Personen ein Stimmungstief um die Mittagszeit. Das bedeutet, die Hälfte der Versuchspersonen der Gruppe *Akha* beginnt mit einem relativen Stimmungshoch am Tagesanfang, das deutlich abnimmt um die Mittagszeit und gegen Abend wieder ansteigt. Diese subjektiven Ratings stimmen auch mit zusätzlichen Beobachtungen der Versuchsleiter überein. Während die Arbeit auf den Reisfeldern synchron geschah und von Lachen, Singen und Gesprächen begleitet war, zogen sich die Personen nach der Mahlzeit zur Mittagszeit von der Gruppe zurück, wurden schläfrig und sprachen nur selten. Womöglich erlebten sie aus diesem Grund die fortlaufenden Testungen, die den gewohnten Rückzug nicht erlaubten, als lästig. Für die Versuchsleiter war es schwierig die Probanden während dieser Phasen zur Mitarbeit zu motivieren. Ob sich die Personen sozial isolierten, weil das Befinden in dieser Phase negativ wurde oder umgekehrt, das Befinden sich verschlechterte durch die Zersplitterung der Gruppe, welche sonst kaum Individuation kennt, kann aufgrund dieser Daten nicht entschieden werden. Ferner kann in dieser Hinsicht kaum ein Vergleich zu den deutschen Studenten angestrengt werden. Diese hatten den Tag mit einer ihnen fremden Versuchsleiterin in fremder Umgebung verbracht, wobei sozial erwünschtes Verhalten nicht ausgeschlossen werden kann.

Da aber Stimmungstiefs und soziale Isolation auch in klinischen Fragestellungen eine Rolle spielen, sollten zukünftige Arbeiten diesen Zusammenhang schon im Versuchsdesign berücksichtigen. Ob es sich dabei um eine infradianzyklische oder circadianzyklische endogene Bedingung handelt bleibt zu klären. Bekannt ist aber, daß stimmungsaufhellende Medikamente sowohl die Circadianperiodik, auch die soziale kontaktfreudigkeit beeinflussen.

Offenbar kommt es trotz des kilometerlangen Tagesmarsches der Gruppe *Orientierung* bei der überwiegenden Mehrzahl der Versuchspersonen nicht zu wachsender Unlust oder steigender negativer Stimmung. Es scheint, trotz großer körperlicher Anstrengung bei sommerlichen Tagestemperaturen nicht zu Motivationsproblemen zu kommen; jedenfalls wird nicht davon berichtet. Bei einer Person steigt die Stimmung sogar insgesamt.

Auch in der Bergland-Gruppe der *Akha* zeigen trotz der schweren Feldarbeit 85% der Versuchspersonen - neben zyklischen Schwankungen um ihren individuellen Mittelwert - in ihrer 'Valenz' keinen linearen Anstieg oder Abfall. In der dichotischen Hörgruppe gleichen sich über die Personen betrachtet Zu- und Abnahmen der Befindlichkeit aus: 21% zeigen einen positiven und ebenso viele einen negativen Trend.

11.3.4.2. Befindlichkeitsebene 'Arousal'

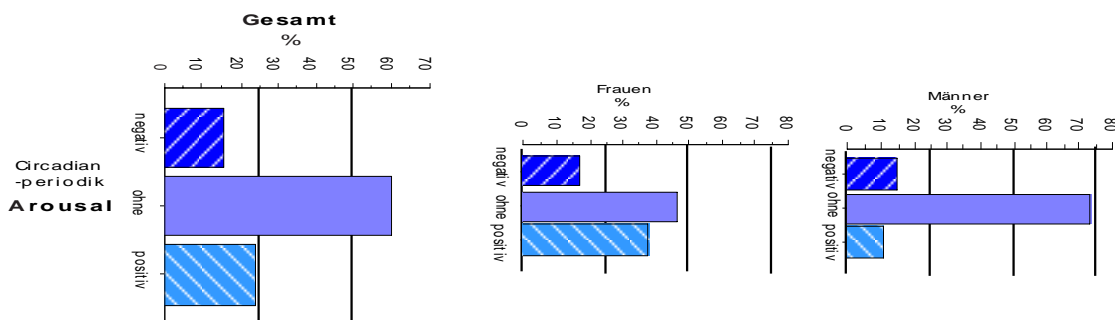


Abb. 112 stellt anhand von Balkendiagrammen die prozentuale Häufigkeit an quadratischen Niveauveränderungen, welche als Halbphasen der Circadianperiodik bezeichnet werden können, in der Befindlichkeitsebene 'Arousal' für alle Versuchspersonen und getrennt nach Männern und Frauen dar.

Hinsichtlich der Befindlichkeitsebene 'Arousal' (Erregtheit) unterscheiden sich Frauen von Männern in ihren circadianen Schwankungen. 74% der Männer und nur 46% der Frauen (M beide= 60%) bleiben über den Tag betrachtet ohne circadianen Einfluß auf das subjektiv erlebte Arousal, während nur 11% der Männer, aber 38 % der Frauen ein Mittagstief in ihrer 'Erregung' (ruhig, schläfrig) zeigen.

Der circadiane Einfluß auf die 'Valenz' ist insgesamt höher als auf das 'Arousal', wobei 60% der Probanden keinen Trend aufweisen.

Die Circadianperiodik in den einzelnen Gruppen:

Gruppe Akha

15% zeigen einen negativen circadianen Verlauf: $r \leq -.003$ (drei Frauen, ein Mann).

62% zeigen keine circadianen Schwankungen im subjektiven 'Arousal' (drei Frauen und acht Männer).

23% weisen einen positiven circadianen Verlauf auf: $r \geq .003$ (5 Frauen und ein Mann).

15% zeigen einen signifikanten Erregungsabfall über den Tag.

Gruppe Dichotisches Hören

21% zeigen einen negativen circadianen Verlauf: $r \leq -.003$ (drei Männer)

43% zeigen keine circadianen Schwankungen in ihrem 'Arousal' (drei Frauen und drei Männer)

36% weisen einen positiven circadianen Verlauf auf: $r \geq .003$ (vier Frauen und ein Mann).

29% zeigen einen Erregungsabfall über den Tag

21% zeigen eine signifikante Zunahme des empfundenen 'Arousal' im Laufe des Tages.

Gruppe *Orientierung*

10% weisen einen negativen circadianen Verlauf auf: $r \leq -.003$ (eine Frau),

80% zeigen keine systematischen circadianen Schwankungen in ihrem subjektiv erlebten ‘Arousal’/ Erregung (5 Frauen und drei Männer).

10% zeigen einen positiven circadianen Verlauf: $r \geq .003$ (ein Mann).

40% zeigen einen signifikanten Erregungsabfall über den Tag.

Zusammenfassung und Diskussion

In allen drei Gruppen erlebte die Mehrheit der Versuchspersonen keine circadiane Schwingung der ‘Erregung’.

Gleichwohl sich die Gruppe *Orientierung* ganztägig im Freiland aufhielt, unterlag das subjektiv erlebte Arousal keiner circadianen Dynamik. Circadiane Trends waren in dieser Gruppe vernachlässigbar gering. Die fehlende Mittagsmüdigkeit ist durch die häufigen, selbstgewählten Pausen im ultradianen Zeitbereich zu erklären. 60% der Personen immerhin richteten ihre Pausenphasen nach ihren Arousalchwankungen aus. Sank die ‘Erregung’, dann ging auch die Lokomotion zurück oder wurde ganz eingestellt. Allerdings gaben 40% eine ansteigende Erregung während der Pausenphasen an. Dies leuchtet insofern ein, als während Lokomotionspausen die räumliche Explorationsaufgabe nicht fortgesetzt werden konnte. Ob dies im Zusammenhang steht mit der individuell unterschiedlichen Leistungseinstellung kann aufgrund dieses Befindlichkeitsfragebogens nicht beantwortet werden. Motivation und persönlicher Leistungsanspruch wurde nicht erhoben.

40% zeigten einen deutlichen Erregungsabfall im Laufe des Tages, obgleich die Aufgabenschwierigkeit durch immer mehr zu merkende Einzelheiten mit jeder Stunde anstieg (Gedächtnisaufgabe). Womöglich weist dies auf die zunehmende Ermüdung dieser Versuchspersonen hin.

Bei den Frauen in den Gruppen *Akha* und *Dichotisches Hören* erschien häufiger als bei den Männern (4:1 und 5:1) ein positiver circadianer Verlauf in ihrem ‘Arousal’, d.h. sie begannen den Meßtag mit einem Erregungshoch, das gegen Mittag abflaute und gegen Abend wieder zunahm. Ein Großteil der Frauen unterlag sowohl in ihrer ‘Valenz’, als auch in ihrer ‘Erregung’ einem Mittagstief. Bei den Männern der Gruppe *Akha* überwog deutlich die Personenzahl ohne circadiane Erregungskurve.

Bei der Gruppe *Dichotisches Hören* ergibt sich gegenüber den beiden anderen Gruppen ein deutlicher Anstieg der Personenzahl mit einer positiven Circadiandynamik der Erregungskurve. Verglichen mit den beiden anderen Gruppen hatten diese Probanden keinerlei Möglichkeit zur Lokomotion. Ihre Aufgabe war es acht Stunden lang ruhig zu sitzen und konzentriert die über Kopfhörer dargebotenen Inhalte widerzugeben. Einzig in dieser Gruppe gab es Versuchspersonen, bei denen eine signifikante Zunahme der Erregung über die Meßzeit zu verzeichnen war (hierbei handelte es sich um männliche Probanden).

Nachfolgende Abbildung zeigt die prozentualen Gruppenunterschiede für circadiane Trends in den Zeitreihen ‘Arousal’.

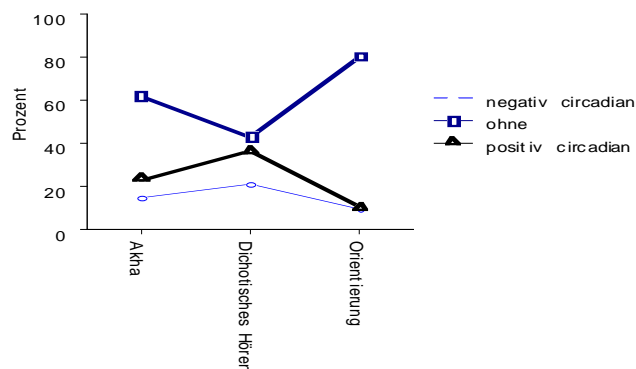


Abb. 113 zeigt einen Gruppenvergleich der prozentualen Häufigkeiten an Personen mit negativ-quadratischem Trend, positiv-quadratischem Trend und Vpn ohne quadratische Niveauänderung

Während sich die Gruppen nicht hinsichtlich der Anzahl Personen mit negativer Circadianperiodik unterscheiden, steigt in der Gruppe mit verbaler Aufgabe (*dichotische Hörgruppe*) die Personenzahl mit positivem Circadiantrend im Vergleich zur Gruppe mit räumlicher Aufgabe (*Orientierungsgruppe*) deutlich an.

12) Abschließende Gesamtbewertung - Konsequenzen und Kritik

Es gibt immer mehr überzeugende Nachweise für die Bedeutung einiger endogener Rhythmen für die Emotion, die Wahrnehmung, die Kognition und das Verhalten. Diese lateralisierten Ultradianrhythmen beeinflussen Art und Fokus der Aufmerksamkeit, die Auswahl kognitiver Strategien und die Stärke der hemisphärischen Aktivierung. Diese Rhythmen sind weniger rigide als vielmehr sensibel für den exogenen Kontext in ihrer Funktion, das Individuum mit seiner Umwelt zu synchronisieren. Die Aufnahme äußerer Reize, d.h. die wahrnehmende Verarbeitung des exogenen Kontextes wird von endogenen Rhythmen wiederum moduliert.

Seit Kleitman 1963 erstmals seine Hypothese des BRAC präsentierte haben zahlreiche Forschergruppen nach Erscheinungsformen dieses Zyklus im Wachverhalten des Menschen gesucht. Verschiedenste solcher Zyklen mit einer Periodenlänge von ca. 90 min. wurden beschrieben. Als Kleitman (1983) die Studien zu einer möglichen Existenz des BRAC 20 Jahre später sichtete konnte er über 50 Arbeiten finden, die eine dominante Zyklizität im 1.5 Stunden Rhythmus aufzeigten. Mindestens drei unabhängige physiologische Systeme, so wurde gefunden (Lavie, 1985), haben einen 1.5h Rhythmus: die Nierensekretion, die Magenaktivität und die corticale 'Alertness'. Alle diese positiven Befunde müssen aber, so wurde wiederholt betont, sehr vorsichtig interpretiert werden, da die Studien zum einen sehr wenig Versuchspersonen hatten und zum anderen wiederholt einige statistische Schwächen aufwiesen. Um sicherzustellen, daß die Gruppenstärke in unserer Untersuchung genügend groß ist, haben wir aus diesem Grund 102 Personen untersucht. Ferner haben wir aufgrund der geringen 'Sampling'-Größe auf Spektralanalysen verzichtet.

In der Forschung nach ultradianen Rhythmen hatten sich mit den Jahren mehr und mehr Probleme ergeben replizierbare Verhaltensäußerungen zu finden, die die BRAC-Hypothese stützen könnten. Es fehlte nicht an Evidenzen für ultradiane Zyklizitäten im wachen Menschen, aber diese Zyklen fanden sich weder in exakt dem Zeitbereich wie sie der BRAC verlangen würde, noch so regelmäßig wie vorhergesagt. Auch die Evidenzen für einen ultradianen Wachrhythmus der Leistung waren äquivok; die Natur dieser Rhythmen blieb experimentell schwer zu fassen.

Einer der bedeutsamsten Befunde zum 90 Minuten Zyklus war der Bericht von Klein und Armitage (1979), der einen 1 1/2 Stunden-Rhythmus im 'kognitiven Stil' beschrieb. In der Spektralanalyse ergab sich ein Frequenzgipfel von ca. 96 min. für verbale sowie für räumliche Aufgaben. Bei genauerer Betrachtung erwies sich dieser Gipfel jedoch weder als der einzige signifikante, noch als der Hauptpeak. Dennoch wurden die Ergebnisse als BRAC-Äquivalent in der Hemisphärendominanz interpretiert.

Kripke et al. entschlossen sich daher unter Einhaltung bestimmter Vorkehrungen wie die Isolation der Versuchspersonen, computergesteuertes Testen und Kontrolle der Motivation, die Studie zu wiederholen. Zwölf Stunden lang waren in 10-Minuten-Intervallen nacheinander folgende Aufgaben zu bewältigen: Ein 'letter-matching task', wobei Buchstaben zu vergleichen waren und dabei so schnell wie möglich entschieden werden sollte, ob sie gleich oder verschieden sind, und ein darauffolgender Mustervergleichstest 'random 7-dot pattern task'. Danach sollten die Versuchspersonen eine 'Auditory Vigilance Task' absolvieren um die Aufmerksamkeit zu kontrollieren und in der verbleibenden Minute schließlich 'Visual-Analog Self-Ratings' über die Schläfrigkeit, Aufmerksamkeit und ihre Nahrungsaufnahme machen.

Die Ergebnisse von Kripke et al. konnten die Resultate von Klein und Armitage nicht bestätigen. Sie unterstützten in keiner Weise die Hypothese, daß es einen ca. 90 minütigen Zyklus in, von alternierender Hemisphärendominanz modulierten, Wahrnehmungsleistungen gibt. Kripke führte mögliche Gründe für die Inkonsistenz zwischen seinen Ergebnissen und denen von Klein und Armitage an. Die Computerpräsentation änderte wohl die Antwortgeschwindigkeit der Versuchspersonen. Die Experimentaldurchführung übte verstärkten Streß auf die Versuchspersonen aus, da sie kaum Pausen erlaubte. Die Personen mußten den Versuchstag ferner sozial isoliert zubringen. Im Gegensatz dazu arbeiteten die Versuchspersonen von Klein und Armitage alle im selben Raum, sodaß Gruppeninteraktionen und Interaktionen mit dem Versuchsleiter womöglich Einfluß auf die Ergebnisse hatten. Die Spektralanalyse, der die Daten von Kripke et al. unterzogen wurden war im Vergleich zu Klein und Armitage weitaus konservativer. Sie fanden daher, daß drei von 15

gefundenen Frequenzen signifikant waren, wobei die 96-min.-Frequenz nicht die herausragende war und die restlichen gefundenen Frequenzen a priori nicht vorausgesagt worden waren.

Der bedeutsamste Unterschied zwischen den Ergebnissen beider Arbeiten aber liegt darin, daß Klein und Armitage gegenphasig oszillierende Leistungsschwankungen fanden, worauf sich letztlich ihr Konzept der 1 1/2 stündigen Oszillation der Hemisphärendominanz und damit des kognitiven Stils begründen, und Kripke et al. positive Phasenzusammenhänge fanden.

In unseren Gruppen nun konnten wir beides finden. Für die Wahrnehmungsleistung der rechten Hand ergab sich über die Gruppen eine Streuung der Zyklizität zwischen 120 - 158 Minuten und für die linke Hand zwischen 120 - 180 Minuten. Der Median über alle Personen lag für beide 'Hände' bei 120 Minuten (= 2 Stunden = 12 Zyklen pro Tag; der Mittelwert höher bei ca. 145 Minuten) und damit an der äußersten Obergrenze des BRAC. Betrachtet man aber die gemittelten Zyklizitäten der einzelnen Personen, so wird deutlich, daß streng genommen weniger als die Hälfte der Personen 'linksseitig' (44%) oder 'rechtsseitig' (43%) innerhalb des für den BRAC vorgeschlagenen Frequenzbereiches von 90-120 Minuten liegen. Weniger als 10% der Personen zeigen schnellere Frequenzen - ebensoviele aber liegen in einem langsameren Frequenzbereich. Allerdings zeigen sich nur 9% 'links' und 4% 'rechts' ohne systematische Rhythmen in der taktilen Diskriminationsleistung.

Die Seitenwechsel in der lateralisierten Leistung zeigen sich bei annähernder Normalverteilung um einen Median von 80 Minuten deutlich kürzer als die lateralisierten Zyklen. Allerdings kann im Gegensatz zu Kripke und mit Klein und Armitage festgehalten werden, daß 95 der 102 Versuchspersonen (93%) solche rhythmisch alternierenden Seitenwechsel zeigen. Bei 5 Personen findet dieser Wechsel in unsystematischen Fluktuationen statt und weitere zwei Personen zeigen rechts und linksseitig gleichzeitig fallend und steigende Leistungszyklen, also gänzlich positive Phasenzusammenhänge. Nicht unvereinbar mit diesem Ergebnis, welches eine Phasendifferenz der beiden Seiten gegeneinander von 80 Minuten behauptet, ist die Tatsache, daß die Leistungszyklen, betrachtet man die Regressionsanalysen für die einzelnen Gruppen, Parallelität suggerieren. Tatsächlich ereignet sich der Interhemisphärische Leistungs-'Shift' nämlich bei 61% aller Personen im Frequenzbereich schneller als 90 Minuten. Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) liegen 35%. Die Maxima-Gipfel der Leistung liegen damit zeitlich nicht sehr weit auseinander, was über die einzelnen Gruppen betrachtet zu einer positiven Korrelation der Phasenverläufe in jeder Gruppe führt. Dennoch darf diese zeitliche Nähe nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Leistungsmaxima, betrachtet man die Lateralisierung, zyklisch von rechts nach links und wieder zurück 'shiften' über den Tagesverlauf.

Diese Ergebnisse lassen sowohl das Postulat von Klein und Armitage zu, als auch die Kritik von Kripke. In allen drei untersuchten Kulturen zeigen sich lateralisierte Ultradianrhythmen und zyklische Wahrnehmungswechsel im alternierenden Seitenwechsel.

Die Vereinbarkeit beider Aussagen wird besonders durch den gemachten Vergleich zweier Wahrnehmungsexperimente in unserer Gruppe *Dichotisches Hören* deutlich. Die rechts- und linksseitigen Zeitreihen der Hörleistung korrelieren bei allen Personen gegenphasig, während gleichzeitig die Händezyklen in denselben Personen höhere Parallelität aufweisen. Trotzdem verlaufen für die Mehrheit der Personen die Leistungs-'Shifts' zwischen rechter und linker Seite gleichzeitig für beide Wahrnehmungsexperimente:

Um zu überprüfen, ob genannte Leistungs-'Shifts' tatsächlich, wie Klein und Armitage behaupteten, zwischen den beiden 'Hemisphären' alternieren, wurden dieser Gruppe gleichzeitig zwei lateralisierte Langzeitaufgaben abverlangt. Wie schon im taktilen Test ergab sich für die zusätzlich absolvierte dichotische Hörleistung für 64% der Personen aus der dichotischen Hörgruppe ein Leistungs-'Shift' im Frequenzbereich bis 90 Minuten (Mittelwert). Im eigentlichen Frequenzbereich des BRAC (90-120) lagen hier nur 21%. Die Ergebnisse der Schwankungen der Ohrdominanz/-präferenz und der taktilen Diskriminationsfähigkeit ist bei den meisten, aber nicht bei allen Personen mit der Annahme zu vereinbaren, daß es sich hierbei um zyklische Zustandsänderungen handelt, welche jeweils die 'ganzen' cerebralen Hemisphären betreffen. Die Befunde von neun Personen dieser Gruppe (64%) stützen die formulierten Vorhersagen in statistisch signifikanter Weise. Allerdings zeigen zwei Personen auch das Gegenteil davon: Bei ihnen korrelieren die Phasen rechtshändiger Überlegenheit signifikant mit Phasen des Linksohrvorteiles und verkehren sich in ultradianer Zyklizität in ihr Gegenteil: linkshändige Überlegenheit während Rechtsohrvorteiles. Damit erfüllen 79% das Postulat

eines zeitlich parallelen, ultradianen Seiten-'Shift' des Ohr- und Handvorteiles; zur Annahme hinzuzufügen wäre, daß sowohl ein negativer wie positiver Phasenzusammenhang möglich ist.

Nachdem die Mehrzahl der Versuchspersonen zyklisch alternierende 'Shifts' zwischen rechter und linker Hemisphäre in deren steigender und sinkender Gesamtleistung zeigen, konnte mit Werntz bestätigt werden, daß Areale der Sprachverarbeitung und sensorische und motorische Hirnrinde lateralisiert einer gemeinsamen Aktivierungsänderung im ultradianen Zeitbereich unterliegen. Wir wissen nicht warum dies für 21% der Personen nicht der Fall ist.

Um die Kontroverse zwischen den Ergebnissen von Kripke und Klein und Armitage aufzuklären, hatte sich auch Hori (1989) schon entschieden, eine erneute Studie dieser Art anzustreben. Zehn männliche Probanden mußten sich über einen Zeitraum von zehn Stunden (8 Uhr bis 18 Uhr) alle 15 Minuten jeweils einem Test in mentaler Rotation, zwei Matching-Tests (Vergleich visuell dargebotener Wörter), einem Memory recall-Test (Wiedergabe möglichst vieler Wörter aus dem Matching-Test) und danach einer einminütigen EEG-Ableitung unterziehen. Im Frequenzhistogramm zeigte sich als dominante Komponente in den Verhaltens- und EEG-Daten eine Periode von 150 min. (Mittelwert:152, sampling range: 120-170) und eine weitere subdominante Komponente von 80 min. (Mittelwert 84,9, sampling range: 70-120 min.). Die Studie konnte die Existenz eines ultradianen Rhythmus in Wahrnehmungsaufgaben ('cognitive performance') und EEG Variablen bestätigen. **Unsere Ergebnisse bestätigen exakt diese Zweiteilung: eine ca. 80 minütige Frequenz für die Leistungs-'Shifts' und eine ca. 140 minütige für die lateralisierten Zyklen.** Diese Befunde passen desweiteren zu den EEG-Ergebnissen von Manseau und Broughton (1984). Sie zeichneten alle 15 Minuten für 100s frontale und parietale EEGs über acht Stunden auf. Das Ergebnis der Spektralanalyse ergab 16 Zyklen/Tag, das bedeutet eine Periodizität von 72-100 min. in der Gesamtpower jeder Hemisphäre. Eine substantielle Anzahl Spektralpeaks ergaben daneben langsamere Frequenzen, nämlich acht Zyklen /Tag, das bedeutet eine Periodizität von drei Stunden.

Klein und Armitage's Warnung, Wissenschaftler und Diagnostiker sollten in Testleistungen bei Aufgaben, die von den Hemisphären asymmetrisch verarbeitet werden, auf der Hut sein, daß diese möglicherweise durch rhythmische Shifts im 'kognitiven Stil' kontaminiert sind, behält auch nach unseren Erkenntnissen Gültigkeit (Klein und Armitage, 1979).

Wie schon in früheren Untersuchungen bedauert wurde (Okawa, Matousek und Petersen, 1984; Lavie, 1992) konnten auch unsere Studien Variationen des ultradianen Rhythmus nicht genügend klären. Ultradiane Rhythmitäten haben keinen Gegenpart in der abiotischen Umwelt. Die einzige Umweltvariable, an die das ultradiane System von Individuen gekoppelt wird, ist die Synchronisierung mit ultradianen Rhythmen arteigener Anderer. Busby und Broughton (1983) fanden daneben, daß hochmotivierte Personen den zyklischen Leistungsabfall offenbar unterdrücken konnten und darum kaum Variation zeigten. Wenig motivierte Versuchspersonen mit geringem Interesse am Ergebnis dagegen überließen sich eher der Variabilität und erfuhren daher deutlicher ausgeprägte Rhythmität. Neben dem Zeitgeber 'soziale Gruppe', welcher unumstritten auch in unseren Probanden den stärksten Einfluß auf die ultradiane Zyklicität hat, und den individuellen kognitiven Vorgaben scheinen auch hemisphärenspezifische Aufgaben die lateralisierten Schwankungen zu betreffen.

Serman et. al. (1974) waren davon ausgegangen, daß die geforderte Aufmerksamkeit für schwierige Aufgaben die endogene Modulation maskieren oder unterdrücken könnte. Tatsächlich verlangsamten sich unter einer räumlichen Aufgabe (Explorationsbedingung) die rechtshändigen Leistungszyklen unserer Versuchspersonen. Umgekehrt verlangsamten sich die Leistungszyklen der 'linken Hand' unter der verbalen Aufgabe (dichotische Hörbedingung).

Unter hemisphärenspezifischer Aufgabe blieb die zugeordnete kontralaterale Leistung in ihrer Zyklicität unverändert und stabil, während sich gleichzeitig die Rhythmik im anderen Halbfeld veränderte. Hemisphärenspezifische Aufgaben maskieren und veränderten damit nicht direkt die ultradianen Phasen der lateralisierten Leistung, sondern wirken sich an anderer Stelle aus, welche für die gefragte spezifische Leistung unerheblicher ist. Womöglich ist gerade die Aufrechterhaltung eines stabilen Phasenverlaufes von Bedeutung, um effektive räumliche oder verbale Leistungen zu erbringen. Diese Interpretation ist umso wahrscheinlicher, da sich dieser Zusammenhang zum einen für beide hemisphärenspezifischen Aufgaben ergibt und zum anderen für die linkshemisphärische Aufgabe ipsilateral auf die Leistungsoszillationen der linken Hand auswirkt und für die rechtshemisphärische Aufgabe ebenso ipsilateral auf die der rechten Hand.

Andere Distraktoren, etwa die des Freilandes werden ohne eine sichtbare Auswirkung auf die Phasen toleriert oder vielmehr ignoriert. Warum dennoch eine so große intra- und interindividuelle Varianz besteht bleibt völlig im Dunkeln. Wir hatten uns erhofft über den Vergleich ethnographisch hochdiverser Kulturen greifbare Ansatzpunkte zur Erhellung der Frage nach der Nichtstationarität von Frequenz und Amplitude zu finden. **Stattdessen mußten wir feststellen, daß deutsche Studenten, afrikanische *Massai* und asiatische *Akha* sich in ihrem lateralisierten ultradianen Verhalten und in den kovariierenden Variablen nicht unterscheiden.**

Auch in anderen Variablen konnten wir kulturübergreifend dieselben ultradianen Zyklen finden. Die subjektiv erlebte Valenz der Probanden schwankte im Zeitbereich zwischen 120-143 Minuten, die Selbstsicherheit mit einer Frequenz zwischen 116 und 165 Minuten und die empfundene Erregung sank und stieg zyklisch innerhalb einer Zeitspanne von 135- 150 Minuten. Dabei zeigen 60% der untersuchten Probanden in der 'Valenz' eine Zyklizität, welche im BRAC-Bereich liegt, in der 'Selbstsicherheit' 47% und im 'Arousal' nur noch 40%. Peter Lang²⁹ hatte bei ängstlich-depressiven Patienten hohe Korrelationen zwischen der Valenz und dem Arousal finden können: Hohe Erregung wurde von ihnen negativ emotional erlebt. Nicht so von gesunden Probanden. Wir fanden in unserer Studie einen korrespondierenden Unterschied zwischen den asiatischen und den deutschen Versuchsteilnehmern. Die (gesunden) deutschen Studenten zeigten wie Langs Patienten, Parallelität zwischen hohen Arousalphasen und sinkender Valenz. Die *Akha* dagegen beantworteten steigende Erregung nicht mit unangenehmen Gefühlen. Daß steigende Erregung als unangenehm erlebt wird, kann mit Blick auf die Ergebnisse von Lang damit nicht mehr nur als Hinweis auf eine Störung oder, unsere Befunde isoliert betrachtet, als Kulturunterschied verstanden werden, sondern deutet darauf hin, daß der Valenz-Arousal Zusammenhang ein Kontinuum der Befindlichkeit darstellt.

Auch in den Variablen Lokomotion, Nahrungsaufnahme und verbales und räumliches Erinnern konnten wir eine ultradiane Zyklizität finden. In der individualisierten Bedingung der Gruppe *Orientierung* im Freiland fanden wir eine Zyklizität von 2.4 Stunden (10 Z/T) im zyklischen Adaptieren an ein unbekanntes Umfeld. Es handelte sich dabei um lokomotorische Schübe räumlicher Exploration. Innerhalb des weit streuenden Frequenzspektrums zw. 90 und 210 Minuten lagen nur 30% der Personen innerhalb der BRAC-Zyklizität. Die Gruppe *Akha*, welche zwar in ihrer lokomotorischen Aktivität nicht durch den Versuchsaufbau eingeschränkt war, ihre Mitglieder aber stark auf eine Gruppenrhythmik beschränkte, zeigte für die Lokomotionszyklen im Mittel eine langsamere Rhythmizität (3.2 Stunden). Im Wesentlichen bildeten diese Zyklen zeitliche Arbeitseinheiten ab. Alle Personen aus der Gruppe *Akha* zeigten Lokomotionsschübe mit Frequenzen größer als 120 Minuten. Für die Gruppe *Massai* schließlich, welche ihre lokomotorische Aktivität ganz auf die mitgeführten Tierherden einstellen mußte, ergab sich eine mittlere Frequenz von 2.3 Stunden. Auch in dieser Gruppe zeigen nur 26% die von der BRAC-Hypothese postulierte Frequenz. Die unterschiedlichen kognitiven und körperlichen Anforderungen nahmen damit offenbar großen Einfluß auf das Lokomotion-Pause Verhalten. Dennoch zeigten diese Zyklen verglichen mit den Zeitreihen des taktilen Tests eine deutliche Tendenz zu langsameren Frequenzen. Sie bildeten nicht selten das 2-3 fache Zeitintervall zum Wahrnehmungsshift ab. Ähnlich dominiert von externen Zeitgebern wird auch die Nahrungsaufnahme. Während sich die spontane orale Aktivität hypothesenkonform mit 90 minütigen Essenseinnahmen zeigte, lag sie unter Kontrolle durch die soziale Gruppe bei einem Vielfachen davon (sechs Stunden). Auch die Phasen räumlicher und verbaler Gedächtnisleistung unserer Probanden gingen - wie auch bei Winkelmann (1990; Kurzzeit-Gedächtnis-Scanning), welche 3-4 stündige Rhythmen fand und Neubauer und Freudenthaler (1995) welche im 'Sentence-Verification Test' mit verbaler und räumlicher Lösungsstrategie fanden, daß langsamere Perioden als 80-120 Minuten den Hauptanteil der Varianz erklärten - in langwelligen Phasen von 150-188 Minuten vor sich.

Für die bisher ungeklärten Zusammenhänge der zeitlichen Beziehungen zwischen den verschiedenen ultradianen biologischen Rhythmen, konnten wir zwei deutliche Zusammenhänge für die Funktionskreise Wahrnehmungsaufgaben-Gedächtnisfunktionen-Nahrungsaufnahme³⁰ finden:

²⁹ mündliche Mitteilung

³⁰ Hayashi et al., 1994; Manseau und Broughton, 1984; Lavie und Zomer, 1983; Lavie, 1992

1. Die ultradiane, spontane orale Aktivität gesunder Versuchspersonen steht in positivem Phasenzusammenhang mit rechtshemisphärischer Überlegenheit: Es wird deutlich, daß die Probanden in signifikanter Weise ($r = -.114$, $p = .0329$) vorwiegend dann Nahrung zu sich nehmen, wenn ihre Lateralisierung eine Linkshandüberlegenheit aufweist (rechtshemisphärischer Vorteil). Dauert die linkshändige Überlegenheit länger an, so wird oftmals entsprechend länger Nahrung aufgenommen. Denkbar ist auch, daß ein zweiter Schub an Nahrungsaufnahme die Linkshand-Überlegenheit verlängert. Nur eine Person, eine Probandin mit Eßstörung, zeigte das Gegenteil. Sie aß regelmäßig in Phase mit rechtshändiger (linkshemisphärischer) Überlegenheit ($r = .567$, $p < .0001$).

2. Die alternierende Hemisphärendominanz beeinflusst räumliches und verbales 'Mapping'. In Zeitphasen, in denen die Lateralisierung positiv war, also eine Überlegenheit der rechten Hand (linke Hemisphäre) gegenüber der linken Hand in der taktilen Leistung gegeben war, konnte später die Wegstrecke schlecht erinnert werden; d.h. die räumliche Leistungsfähigkeit sank ab. Dagegen konnten Wegstrecken, während derer die linke Hand (rechte Hemisphäre) der Leistung der rechten Hand überlegen war, später gut erinnert werden.

Umgekehrt konnte in Phasen, in denen die Lateralisierung negativ ist, also eine Überlegenheit der linken Hand (rechte Hemisphäre) gegenüber der rechten Hand gegeben war, später die verbalen Tagesinhalte schlecht erinnert werden. Dagegen konnten solche verbalen Inhalte im Nachhinein gut erinnert werden, welche in positive Lateralisierungsphasen fielen, d.h. wenn die Leistung der rechten Hand (linke Hemisphäre) der der linken Hand überlegen war.

Chronobiologische Vorgaben verlangen, um gesicherte Aussagen über die Frequenz einer Zeitreihe machen zu können, daß die Meßzeit mindestens ein fünffaches der gesuchten Zykluslänge betragen muß (Orr und Naitoh, 1975). Für einen gesuchten 1.5 Stunden Rhythmus also mindestens 7.5 Stunden. Diese Meßzeit haben wir mit acht Stunden ausreichend eingehalten. Nun erwies sich aber in den ersten Auswertungsschritten, daß in keiner der Variablen über alle Personen zuverlässig ein dominanter Gipfel im 1.5 Std. Bereich zu finden ist. Vielmehr liegen die Rhythmen einzelner Variablen zumeist über zwei Stunden. Gerade in jüngerer Zeit wurde dieses Ergebnis auch von anderen Autoren berichtet. Die Existenz einer langsamen ultradianen Rhythmizität in der 'Alertness' mit einer Periodizität von etwa 3-4 Stunden ist nicht unerwartet, auch wenn dies nicht explizit von der BRAC-Hypothese ausgesagt wurde. Schon Kleitman (1963) interpretierte den kindlichen 3-4 stündigen Schlaf-Wachzyklus durch ein 'Zusammenwachsen' kürzerer Zyklen mit einer 50-60 min. Periodizität, die mit der Länge des kindlichen REM-NREM Zyklus korrespondiert. Das anscheinende Verschwinden des 3-4h Zyklus geht dabei womöglich darauf zurück, daß der diese Zyklen steuernde Oszillator seine Funktion aufgibt oder aber seine Aktivität gedämpft wird. Unter bestimmten Bedingungen, wie etwa kontinuierliche Bettruhe oder Schlafdeprivation konnte diese Drosselung dann wieder aufgehoben werden (Nakagawa, 1980; Campbell, 1984). In unseren Verhaltensvariablen glichen die Frequenzen jenen, dieser ontogenetisch ursprünglichen Rhythmizität.

Die Demonstration ultradianer Rhythmen im Wachverhalten oder in physiologischen Funktionen reicht nicht aus, um die BRAC-Hypothese zu bestätigen. Es ist notwendig, zu zeigen, daß beobachtete Wachrhythmen vom gleichen oszillatorischen Prozeß stammen, der den Wechsel zwischen REM und NREM EEG-Mustern während des Schlafes bewirkt. Wenn Wachrhythmen eine kontinuierliche Fortsetzung der REM-NREM Oszillation sind, dann sollte es möglich sein einen konsistenten Phasenzusammenhang zwischen dem REM-NREM Rhythmus im Schlaf und den darauffolgenden Verhaltensrhythmen im Wachen zu zeigen. Eine derartige Phasenkonsistenz würde das Konzept eines kontinuierlichen oszillatorischen Prozesses bestätigen. Unsere Untersuchungen hatten nicht den Anspruch, Aussagen über die den Verhaltensrhythmen zugrundeliegenden, oszillatorischen Prozesse im Hirnstamm zu machen. Ziel unserer Studien war der im Forschungsbereich der ultradianen Rhythmik bisher fehlende Kulturvergleich und der Vergleich der Phasenverläufe zeitlich paralleler Verhaltensäußerungen beim Menschen.

- Åkerstedt, T. (1991). Work hours and continuous monitoring of sleepiness. In: R.J. Broughton, R.D. Ogilvie (Eds), *Sleep, Arousal and Performance*. Boston, MA: Birkhausen, 1991, pp. 63-72.
- Åkerstedt, T.; Gillberg, M. (1982). Displacement of the sleep period and sleep deprivation. *Human Neurobiology 1*, 163-171.
- Alcantara, F., Monk, M. (1974). Signal propagation during aggregation in the slime mould *Dityostelium discoideum*, *J.gen.Microbiol.*, 85, 321-334.
- Allen, M. (1983). Models of hemispheric specialisation, *Psych. Bull.* 93, 73-104.
- Allmiral, H.; Ferrer, R und Sanchez-Turet, M. (1988). Ultradian cyclizity in auditory and visual reaction time during long performance. *Perceptual und Motor Skills 60*, 571-577.
- Ambrosini, M.V.; Langella, M.; Gironi-Carnevale, U.A.; Giudetta, A. (1992). The sequential hypothesis of sleep function III: The structure of post-acquisition sleep in learning and non-learning rats. *Physiol. Behavior 51* (2), 217-226.
- Arakawa, Y., Hayashi, M., Hori, T. (1993). Effects of ultradian variation on smoking behavior, *Clin. Chronobiol., Proceeds 7*, 480-481.
- Aschoff J. (Ed), *Biological Rhythms: Handbook of Behavioral Neurobiology, Vol. 4*, New York: Plenum Press, 1981.
- Aschoff, J. (1978). Circadian rhythms within and outside their ranges of entrainment. In: I. Assenmacher; D. Farmer (Eds). *Environmental Endocrinology*, Heidelberg: Springer.
- Aschoff, J. (1982). Lichtwirkungen auf das circadiane System von Säugetieren und Vögeln. In: *Wirkungen des sichtbaren Lichtes und der Ultraviolettstrahlung auf den Menschen und auf landwirtschaftliche Nutztiere*. III. Int. Symp., Leipzig, 1981. Oberlungwitz: VEB Kongress- und Werbedruck, pp 22-47.
- Aschoff, J. und Gerkema, M. (1985). On Diversity and Uniformity of Ultradian Rhythms In: H. Schulz, P. Lavie, (Eds). *Ultradian rhythms in physiology and behaviour*. Exp. Brain. Res., Suppl. 12. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Aschoff, J., Wever, R. (1962). Biologische Rhythmen und Regelung. In: L. Delius, H.P. Koepchen, E. Witzleb (Eds.). *Probleme der zentralnervösen Regulation.*, 1-15, Berlin: Springer.
- Aschoff, J.; Wever, R. (1976). Human circadian rhythms: a multioscillator system. *Fed. Proc.* 35, 2326-2332.
- Aserinsky, E., Kleitman, N. (1953). Regularly occurring periods of eye motility and other concomitant phenomena during sleep. *Science 118*, 273-274.
- Aserinsky, E., Kleitman, N. (1955). A motility cycle in sleeping infants as manifested by ocular and gross bodily activity. *J. Appl. Physiol.*, 8, 11-18.
- Baldy-Moulinier, J., Argunen, A., Besset, A. (1976). Ultradian and circadian rhythms in sleep and wakefulness. In: C. Guilleminault, W.C. Dement, P. Passouant (Eds). *Narcolepsy*, 485-497, New York: Spectrum.
- Bamber, D. (1969) Reaction times and error rates for 'same-different' judgements of multidimensional stimuli, *Percept. und Psychophys.* 6, 169.
- Bartlett, M.S. (1966). *An introduction to stochastic processes with special reference to methods and applications* (2nd ed). Cambridge: Univ. Press.
- Baschek, I.L., Bredenkamp, I. Oehrle, B. und Wippich, W.(1977). Bestimmung der Bildhaftigkeit (I), Konkretheit (C) und der Bedeutungsinhaltigkeit (M) von 800 Substantiven. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie 24*, 353-396.
- Beaton, A. (1985). *Left side, right side. Review of laterality research*, London: Acad. Educ. Press.
- Beaumont, J.G.(1981). Activation and interference in tactile perception. *Neuropsychologia 19*, 151-154.
- Benson, D.A. Teas, D.C. (1976). Single unit study of binaural interaction in the auditory cortex of the chinchilla. *Brain Research, 103*, 113-338.
- Bentin, S., Gordon, H.W. (1979). Assessment of cognitive asymmetries in brain-damaged and normal subjects: Validation of a battery. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry 42*, 715-723.
- Benton, A.L. (1965). The problem of cerebral dominance. *Canad. Psychol.* 4, 332-348.
- Benton, A.L. und Joynt, R.J. (1960). Early descriptions of aphasia. *Arch. Neurol.* 3, 205-222.
- Benton, A.L., Levin, H. and Varney, N. (1973). Tactile perception of direction in normal subjects. *Neurology 23*, 1248-1250.
- Benton, A.L., Varney, N.R., de Hamsher, S. (1978). Lateral Differences in tactile directional perception. *Neuropsychologia, 16*, 109-114.
- Benz, R., von Cramon, D. (1981). Zum Stand der klinischen Gedächtnisforschung. *Fortschritte der Neurologie, Psychiatry und ihrer Grenzgebiete, 49*, 438-445.
- Berlin, C.I. McNeil, M.R. (1976) Dichotic Listening. In: N.J. Lass (Ed). *Contemporary issues in experimental phonetics*. New York: Academic Press, 327-387.
- Bernstein, N.A. (1988). *Bewegungsphysiologie*. Leipzig: Barth.
- Bertini, M, Violani, C, Zoccolotti, P., Antonelli, A und Di Stefano, L. (1983). Performance on a unilateral tactile test during waking and upon awakenings from REM and NREM. In: W.P. Koella (Ed.). *Sleep*, 383-385, Basel: Karger.

- Bertini, M., Torre, A., Ruggieri, G. (1975). Induced verbalizations during awake, REM and NREM states. In: P. Levin, W. Koella (Eds.), *Sleep*, 187-192, Basel: Karger.
- Bertini, M., Violani, Zoccolotti, P., Antonelli, A., Di Stefano, L. (1984). Right cerebral Activation in REM Sleep: Evidence from a unilateral tactile recognition test. *Psychophysiology* 21 (4), 418-423.
- Bever, T., Chiarello, R. (1974). Cerebral dominance in musicians and nonmusicians. *Science* 185, 137-139.
- Biebach, H., Gordijn, M., Krebs, J.R. (1989). Time and place learning by Garden Warblers. *Sylvia Borin, Anim. Behav.*, 37, 353-360.
- Binder, J.R., Bellgowan, S., Frost, J.A., Hammeke, T.A., Springer, J.A., Rao, S.M., Cox, R.W. (1996). *Left medial temporal activation during verbal episodic memory consolidation: a functional MRI study*. Paper presented at the 26. Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Vol 22, 1450, New York.
- Birbaumer, N., Elbert, T., Canavan, A., Rockstroh, B. (1990). Slow potentials of the cerebral cortex and behavior. *Physiol. Reviews*, 70, 1-41.
- Birbaumer, N., Schmidt, R.F. (1996). *Biologische Psychologie (3rd ed.)*. Berlin: Springer.
- Bogen, J.E., Bogen, G.A. (1969). The other side of the brain III. *Bull. Los Angeles Neurol. Soc.* 34, 191-220.
- Borbély, A.A. (1978). Effects of light on sleep and activity rhythms. *Prog. Neurobiol.* 10, 1-31.
- Bouillaud, J. (1865): Discussion sur la faculté du langage articulé. *Bull. Acad. Med.* 30, 575-600, 604-638.
- Bowden, D.M. (1978). Ultradian Rhythms in Waking Behavior of Rhesus Monkeys. *Physiology and Behavior* 21, 929-933.
- Bowden, D.M., Kripke, D.F., Wyborney, V.G. (1978). Ultradian rhythms in waking behavior of rhesus monkeys. *Physiol. Behav.* 21, 929-933.
- Bradshaw, J. und Nettleton, N. (1981). The nature of hemispheric specialization in man. *The Behavioral and Brain Sciences* 4, 51-63.
- Brain, W.R. (1977). *Diseases of the nervous system*. Oxford: Oxford Univ. Press
- Brandstetter, G. (1992) Endocrine ultradian rhythms during sleep and wakefulness. In: D.L. Lloyd and E.L. Rossi (Eds.). *Ultradian rhythms in life processes*, 123-138, London: Springer.
- Bremner, J.D., Randall, P., Scott, T.M., Bronen, R.A., Seibyl, J.P., Southwick, S.M., Delaney, R.C., McCarthy, G., Charney, D.S., Innis, R.B. (1995). MRI-based Measurement of hippocampal volume in patients with combat-related PTSD. *Am J Psychiatry*, 152,(7), 973-981.
- Brinkman, J., Kuypers, H.G.J.M. (1972). Split brain monkeys: Cerebral control of ipsilateral and contralateral arm, hand and finger movements. *Science* 176, 536-539.
- Broadbent, D.E. (1954). The role of auditory localization in attention and memory span. *J. Exp. Psychol.* 47, 191-196.
- Broca, P. (1861). Remarques sur le siège de la faculté articulée, suivies d'une observation d'aphémie. *Bull. Soc. Anat., Paris*.
- Broca, P. (1863) Réflexions relatives à un cas d'athropie cérébrale. *Bull. Soc. Anat., Paris*.
- Broughton, R. (1975). Biorhythmic variations in consciousness and psychological functions. *Canadian Psychol. Review* 16, 217-233.
- Broughton, R.J. (1985). Three Central Issues Concerning Ultradian Rhythms. In: H. Schulz, P. Lavie (Eds.). *Ultradian rhythms in physiology and behaviour*. Exp. Brain. Res., Suppl. 12. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Brown, P. (1991). Ultradian rhythms of cerebral function and hypnosis. *Contemporary-Hypnosis* 8(1), 17-24.
- Brugge, J.F. und Merzenich, M.M. (1973). Responses of neurons in auditory cortex of the macaque monkey to monaural and binaural stimulation. *Journal of Neurophysiology*, 36, 1138-1158.
- Bryden, M.P. (1963). Ear preference in auditory perception, *Journal of Experimental Psychology*, 65, 103-105.
- Bryden, M.P. (1979). Evidence for sex-related differences in cerebral organization, In: M. Wittig und A.C. Petersen (Eds.). *Sex-related differences in cognitive functioning: Developmental issues*. New York: Academic Press.
- Bryden, M.P. (1988). An overview of the dichotic listening procedure and its relation to cerebral organization; In: K. Hugdahl (Ed), *Handbook of dichotic listening: Theory, Methods and Research*. Chicester: John Wiley und Sons.
- Bryden, M.P. (1965). Tachistoskopische recognition, handedness, and cerebral dominance. *Neuropsychologia* 3, 1-8.
- Bryden, M.P., Munhall, K. und Allard, F. (1983). Attentional biases and the right ear effect in dichotic listening. *Brain and Language*, 18, 236-248.
- Bünning, E. (1935). Zur Kenntnis der erblichen Tagesperiodik bei den Primärblättern von *Phaseolus Multiflorus*. *Jahrb. Wiss. Bot.* 81, 411-418.
- Bünning, E. (1973). *The physiological clock: circadian rhythms and biological chronometry. (3rd Ed)*, Berlin, Heidelberg: Springer.
- Busby, K.A., Broughton, R.J. (1983). Waking ultradian rhythms of performance and motility in hyperkinetic and normal children. *J Abnorm Child Psychol*, 11, 431-442.
- Bussmann, B. (1995). Ultradiane Lokomotionszyklen und räumliche Orientierung: Experimentelle Studien mit einem computersimulierten Labyrinth. Diplomarbeit, Universität Konstanz

- Campbell, C.A. (1985). Spontaneous termination of ad libitum sleep episodes with special reference to REM sleep. *Electroencephalogr. Clinical Neurophysiology* 60, 237-242.
- Campbell, S. S. (1984). Duration and placement of sleep in a 'disentrained' environment. *Psychophysiology* 21, 106-113.
- Campbell, S.S. und Zulley, J. (1985). Ultradian Components of Human Sleep/Wake Patterns During Disentrainment In: H. Schulz, P. Lavie, (Eds). Ultradian rhythms in physiology and behaviour. *Exp. Brain. Res., Suppl. 12*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Capocchi, G., Zampolini, M., Larson, J. (1992). Theta Burst Stimulation is optimal for induction of LTP at both apical and basal dendritic synapses on hippocampal CA1 neurons. *Brain Research*, 591, 332-336.
- Celesia, G. G. (1976). Organization of auditory cortical areas in man. *Brain* 99, 403-414.
- Chatfield, C. (1982). *Analyse von Zeitreihen: Eine Einführung*. München: Hanser
- Cliveti, R., Escera, C., Polo, M.D., Grau, C. (1993). Persistence of ultradian rhythms in 5 out of 15 recording minutes of human unrestrained mobility. *Med.Sci.Res.*, 21, 53-54:
- Cohen, G. (1973). Hemispheric differences in serial vs. parallel processing. *J. Exp. Psych.* 97, 349-356.
- Colquhoun, P. (1981). Rhythms in performance. In: J. Aschoff (Ed.). *Handbook of Behavioral Neurobiology (4), Biological Rhythms*, 333-348, New York: Plenum Press.
- Connor, C.E., Hsiao, S.S., Phillips, J.R., Johnson, K.O. (1990). Tactile roughness: neural codes that account for psychophysical magnitude estimates. *J.Neurosci.*, 10, 3823-3836.
- Cranach, M v. (1980). *Zielgerichtetes Handeln*, Bern: Huber
- Czeisler, C.A., Allan, J.S. (1986). Bright light resets the human circadian pacemaker independent of the timing of the sleep-wake cycle. *Science* 223, 667-671.
- Czeisler, C.A., Moore-Ede, M.C., Coleman, A.M. (1982). Rotating shiftwork schedules that disrupt sleep are improved by applying circadian principles. *Science* 217, 101-113.
- Daan, S. (1981). Adaptive daily strategies in behavior. In: J. Aschoff (Ed). *Biological Rhythms.: Handbook of behavioral neurobiology*, Vol.4., 275-298, New York: Plenum Press.
- Daan, S., Aschoff, J. (1981). Short-term rhythms in activity. In: J. Aschoff (Ed) *Biological Rhythms: Handbook of behavioral neurobiology*, Vol.4. 491-498. New York: Plenum Press.
- Davis, R. und Schmitt, V.(1971). Timing the transfer of information between hemispheres in man. *Acta Psychologica* 35, 335-346.
- Dawe, S, Corballis, M.C. (1986). The influence of gender, handedness and head turn on auditory asymmetries. *Neuropsychologia* 24, 857-862.
- Deegener, G. (1978). *Neuropsychologie und Hemisphärendominanz: Beziehungen zwischen Händigkeit, Sprache und funktioneller Hemisphärenasymmetrie*. Stuttgart: Thieme.
- Deeke, L., Asenbaum, S., Lang, W. (1990). 'Context related' brain DC activity during selective attention. *Behavior and Brain Sciences*, 13, 239-240.
- Delgado-García, J.M., Grau, C. DeFeudis, P., delPozo, F., Jimenez, J.M., Delgado, J.M.R. (1976). Ultradian Rhythms in the Mobility and Behavior of Rhesus Monkeys. *Exp. Brain Res.* 25, 79-91:
- Dement, W. (1965). Studies on the function of REM sleep. *Paper presented to the Amer. Psychiat. Assn., May, 1965*.
- Dement, W.C. und KLEITMAN, N. (1957). Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility and dreaming. *Electr. and clin. Neurop.* 9, 673-690.
- Dimond, S.J. (Ed). *The double brain*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1972.
- Dimond, S.J., Beaumont, G. (1974). Experimental studies of hemisphere function in the human brain. In: S.J. Dimond, I.G. Beaumont (Eds). *Hemisphere function in the human brain*. 48-88, London: Elek.
- Dimond, S.J., Beaumont, G. (Eds). *Hemisphere function in the human brain*, 48-88, London: Elek, 1974.
- Dimond, S.J., Farrington, L., Johnson, P. (1976) Differing emotional response from right and left hemispheres. *Nature*, 261, 690-692
- Dodds, A.G. (1978). Hemispheric differences in tactuo-spatial processing. *Neuropsychologia* 16, 247-254.
- Dowse, H., Palmer, J. (1990). Evidence for ultradian rhythmicity in an intertidal crab. In: D.K. Hayes, J.P. Pauly, R.J. Reiter (Eds). *Chronobiology: Its role in clinical medicine, general biology, and agriculture*, 691-697, New York: B. Wiley-Liss.
- Dowse, H., Palmer, J. (1992). Comparative studies of tidal rhythms. XI. Ultradian and circalunidian rhythmicity in four species of semiterrestrial, intertidal crabs. *Mar. Behav. Physiol*
- Dowse, H., Ringo, J. (1987). Further evidence that the circadian clock in *Drosophila* is a population of coupled ultradian oscillators. *J. Biol. Rhythms*, 2, 65-76.
- Dowse, H.B. and Ringo, J.M. (1992). Do ultradian oscillators underlie the circadian clock in *Drosophila*? In: D. Lloyd und E.L. Rossi (Eds.). *Ultradian Rhythms in Life Processes: An Inquiry into Fundamental Principles of Chronobiology and Psychobiology*, 105-117, London: Springer.

- Driver, H.S., Meintjes, A.F., Rogers, G.G., Shapiro, C.M. (1988). Submaximal exercise effects on sleep patterns in young women before and after an aerobic training program. *Acta Physiol. Scand. Suppl.* 574, 8-13.
- Dujardin, K., Guerrien, A., Leconte, P. (1990). Sleep, brain activation and cognition. *Physiol. and Behavior* 47 (6), 1271-1278.
- Ehret, I. (1989). Ultradiane Rhythmik der Hemisphärenvorteile bei der tachistoskopischen Bildbenennung und Erinnerung mit Berücksichtigung von Persönlichkeitsmerkmalen. Diplomarbeit, Universität Konstanz.
- Ellen, P. (1980). Cognitive Maps and the Hippocampus. *Physiological Psychology*, 8, 168-174.
- Erkinaro, E. (1961). The seasonal changes of the activity of *Microtus agrestis*. *Oikos* 12, 157-163.
- Fishbein, W., Gutwein, B.M. (1977). Paradoxical sleep and memory storage processes. *Behaviour Biology* 19, 425-464.
- Fishbein, W., Kastaniotis, C., Chattman, I. (1974). Paradoxical sleep: Prolonged augmentation following learning. *Brain Research* 79, 61-75.
- Fisher, C. und Dement, W. (1963). Studies on the psychopathology of sleep and dreams. *Amer. J. Psychiat.* 119, 1160-1168.
- Fisher, C., Gross, J., Zuch, J. (1965). Cycle of penile erection synchronous with dreaming (REM) sleep. *Arch. Gen. Psychiat.* 12, 29-49.
- Folkard, S., Monk, T.M. (1983). Chronopsychology: Circadian rhythms and human performance. In: A. Gale, J.A. Edwards (Eds.) *Physiological Correlates of Human Behavior. Vol 2., 57-78*, London: Acad. Press.
- Folstein, M.F., Luria, R.E. (1973). Reliability, validity and clinical application of the Visual Analogue Mood Scale. *Psychol Med*, 3, 479-486.
- Friedman, S., Fisher, C. (1967). On the presence of a rhythmic, diurnal, oral instinctive drive cycle in man: a preliminary report. *J. Am. psychoanal. Ass.* 15, 317-343.
- Fuchs, J.L., Moore, R.Y. (1980). Development of circadian rhythmicity and light responsiveness in the rat suprachiasmatic nucleus. *Proc. Natl. Acad. Sci (USA)* 77, 1204-1208.
- Galín, D., Ornstein, R. (1972). Lateral specialization of cognitive mode: An EEG study. *Psychophysiology* 9, 412-418.
- Gazzaniga, M.S. (1970). *The bisected brain*. New York: Plenum Press
- Gazzaniga, M.S. (1995). *The cognitive neurosciences*. Cambridge MA.: MIT Press
- Geffen, G. und Caudrey, D. (1981). Reliability and validity of the dichotic monitoring test for language laterality, *Neuropsychologia*, 19, 413-423.
- Geffen, G. und Quinn, K. (1984). Hemispheric specialization and ear advantage in processing speech. *Psychological Bulletin* 96, 273-291.
- Geffen, G. und Traub, E. (1979). Preferred hand and familial sinistrality in dichotic monitoring, *Neuropsychologia*, 17 (5), 527-531.
- Gerkema, M. (1992). Biological rhythms: mechanisms and adaptive values. In: M.A. Ali (Ed.). *Rhythms in fishes*. New York: Plenum.
- Gerkema, M., Groos, G.A., Daan, S. (1990). Differential elimination of circadian and ultradian rhythmicity by hypothalamic lesions in the common vole *Microtus arvalis*, *J.Biol.Rhythms*, 5, 81-95.
- Gerkema, M.P., Leest van der, S. (1991). Ongoing ultradian rhythms in the common vole during deprivation of food, water and rest. *J. Comp. Physiol A.* 168, 591-597.
- Gerkema, M.P., Daan, S. (1985). Ultradian rhythms in behaviour: The case of the common vole (*Microtus arvalis*). In: H. Schulz, P. Lavie (Eds.) *Ultradian rhythms in physiology and behaviour. Exp. Brain. Res.* 12, Berlin, Heidelberg.
- Gerkema, M.P., Daan, S., Wilbrink, M., Hop, M.W., Leest van der, S. (1993). Phase control of ultradian feeding rhythms in the common vole (*Microtus Arvalis*): The roles of light and the circadian system. *Journal of Biological Rhythms*, 8 (2), 151-171.
- Gerkema, M.P., Groos, G.A., Daan, S. (1990). Differential elimination of circadian and ultradian rhythmicity by hypothalamic lesions in the common vole *Microtus arvalis*. *Journal of Biological Rhythms* 5, 81-95
- Gerkema, M.P., Leest, F. van der (1991). Ongoing ultradian activity rhythms in the common vole, *Microtus arvalis*, during deprivations of food, water and rest. *J. Comp. Physiol. A*, 168, 591-597.
- Gertz, J., Lavie, P. (1983). Biological rhythms in arousal indices: Potential confounding effect in EEB biofeedback. *Psychophysiology*, 20, 690-695.
- Gibson, J.J. (1962). Observations on active touch. *Psychological Review* 69, 477-491.
- Gillhooly, K.I., Logie, R.H. (1980). Age-of-acquisition, imagery, concreteness, familiarity and ambiguity measures for 1944 words. *Behavior research methods and instrumentation* 12, 395-427.
- Glick, S.D., Meibach, R.C., Cox, R.D. and Maayani, S. (1979) Multiple and interrelated functional asymmetries in rat brain. *Life Sciences*, 25, 395-400.
- Globus, G.G., Phoebus, E.C; Humphries, J., Boyd, R., Sharp, R. (1973). Ultradian rhythms in human telemetered gross motor activity. *Aerospace Med.*, 44, 882-887.
- Goldberg, E. and Costa, L. (1981). Hemispheric differences in the acquisition and use of descriptive systems. *Brain and Language*, 14, 144-173.

- Goldman-Rakic, P. (1987). Circuitry of the pre-frontal cortex and the regulation of behavior by representational memory. In: F. Blum, V. Mountcastle (Eds.). *Higher Cortical Function: Handbook of Physiology*, 373-417, Washington D.C.: American Physiological Society.
- Goldstein, L. Stolz, N.W. and Gardocki, T.F. (1972) Changes in interhemispheric amplitude relationships in the EEG during sleep. *Physiol. Behav.* 8, 811-815.
- Goldstein, S.G., Filskov, S.B., Weaver, L.A., Ives, J. (1977). Neuropsychological effects of electroconvulsive therapy. *Journal of Clinical Psychology*, 33, 798-806.
- Gordon, H. W., Frooman, B., und Lavie, P. (1982). Shift in cognitive asymmetries between waking from REM and NREM sleep. *Neuropsychologia*, 29 (1), 99-103.
- Gordon, H.M. and Stoffer, D. (1989) Ultradian rhythms of right and left hemispheric functions. *Intern.J.Neurosci.* 47, 57-65.
- Gordon, H.W. und Stoffer, D.S. (1989). Ultradian rhythms of right and left hemisphere function. *Int. J. of Neurosci.* 47, 57-65.
- Grau, C., Cilveti, R., Garcia, M., Mojón, A., Fernandez, J.R., Hermida, R.C. (1995). Ultradian rhythms in gross motor activity of adult humans. *Physiology und Behavior*, 57 (3), 411-419.
- Grau, C., Delgado-Garcia, J.M., Garcia-Austt, E. Delgado, J.M.R. (1975). Short rhythms in monkey behavior. *IRCS Medical Science: Neurobiology and Neurophysiology; Physiology; Psychology* 3, 139.
- Grau, C., Escera, C., Segarra, M.D., (1988). *Med.Sci. Res.* 16, 1155-1156.
- Grau, D., Majem, X. and Segarra, M.D. (1985). Ultradian rhythms in the EEG segmentation degree of the two brain hemispheres in man during wakefulness. *Intern. Research Communications System: Medical Science, Psychology and Psychiatry* 13, 1122-1123.
- Halberg, F. (1969). Chronobiology. *Annual Review of Physiology*, 31, 675-725.
- Hall, D.P., Sing, H.C., Romanoski, A.J., (1991). Identification and Characterization of Greater Mood Variance in Depression. *Am J Psychiatry*, 148 (10), 1341-45.
- Hallberg, F., Carandente, F, Cornelissen, G, Katinas, G.S. (1977). Glossary of chronobiology. *Chronobiologia* 4, 1-189.
- Halsey, J.H., Blaunstein, U.W., Wilson, E.W., Wills, E.H. (1979). Regional cerebral blood flow comparison of right and left hand movement. *Neurology*, 29, 21-28.
- Hamm, A. und Vaitl, D. (1993). Emotionsinduktion durch visuelle Reize: Validierung einer Stimulusmethode auf drei Reaktionsebenen. *Psychologische Rundschau* 44, 143-161.
- Hardyck, C. (1986). Cerebral asymmetries and experimental parameters: Real differences and imaginary variations? *Brain and Cognition* 5, 223-239.
- Harshman, R, und Lundy, M. (1988). Can dichotic listening measure 'Degree of Lateralisation'?, In: K. Hugdahl (Ed), *Handbook of dichotic listening: Theory, Methods and Research..* Chicester: John Wiley und Sons.
- Hastings, J.W. (1986). The elusive mechanism of the circadian clock. *Am. Sci.* 74, 29-26.
- Hayashi, M., Sato, K. Hori, T. (1994). Ultradian rhythms in task performance, self evaluation, and EEG activity. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 791-800.
- Healy, D. (1987). Rhythm and blues: neurochemical, neuropharmacological and neurophysiological implications of a hypothesis of circadian rhythm dysfunction in affective disorder. *Psychopharmacology*, 93, 271-285.
- Healy, D., Waterhouse, J.M. (1990). The circadian system and affective disorders: clocks or rhythms? *Chronobiol. Int.* 7, 5-10.
- Hécaen, H. und Albert, M.L.(1978). *Human Neuropsychology*. New York: Wiley.
- Hecaen, H., Ajuriaguerra, J. de, Massonet, J. (1951). Les troubles visuo-constructives par lésion pariéto-occipitale droite. *Encéphale* 40, 122-179.
- Hecaen, H., Piercy, M. (1956) Paroxysmal dysphasia and the problem of cerebral dominance. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 19, 194-201.
- Heilman, K.M.,(1979). Neglect and related disorders. In: K.M. Heilmann und E. Valenstein (Eds). *Clinical Neuropsychology*. New York: Oxford University Press.
- Hellbrügge, T. (1960). The development of circadian rhythms in infancy. *Cold Spr. Harbour Symposium: Quantitative Biology* 25, 311-323.
- Henschen, S.E. (1926). On the funktion of the right hemisphere of the brain in relation to the left in speech, music and calculation. *Brain* 49, 110-123.
- Hermelin, B., O'Connor, N. (1971). Functional asymmetry in the reading of braille. *Neuropsychologia*, 9, 431-435.
- Hiatt, J. F. and Kripke, D. F. (1975). Ultradian rhythms in waking gastric activity. *Psychosom. Med.* 37, 320-325.
- Hiatt, J.F., Kripke, D.F., Lavie, P. (1975). Relationship among psychophysiological ultradian rhythms. *Chronobiology, suppl.* 1, 30.
- Hines, D. (1975). Independent functioning of the two cerebral hemispheres for recognizing bilaterally presented tachistoscopic visual half field stimuli, *Cortex* 11, 132-143.
- Hiscock, M. and MacKay, J. (1985). The sex difference in dichotic listening: multiple negative findings. *Neuropsychologia* 23, 441-444.
- Hobson, A.J. (1988). States of brain and mind. *Readings from the Encyclopedia of neuroscience*. Boston: Little, Brown and Co.

- Hobson, A.J. (1989). *Sleep*. New York: Scientific American Library.
- Hobson, J.A., McCarley, R.W. and Wyzinski, P.W. (1975) Sleep cycle oscillation: reciprocal discharge by two brainstem neuronal groups. *Science*, 189, 55-58.
- Hodes, R.L., Cook, E.W., Lang, P.J. (1985). Individual differences in autonomic response: Conditioned association or conditioned fear. *Journal of Psychophysiology* 22(5), 545-560.
- Hoedemaker, F., Kales, A., Jacobson, A. Lichtenstein, E. (1963). Dream deprivation: an experimental reappraisal. *APSS*.
- Hohma, H., Hiroshiga, T., (1978). Endogenous ultradian rhythms in rats exposed to prolonged continuous light. *Am.J.Physiol.* 235, 250-256.
- Hori, T. (1989). Ultradian rhythms in spatial and verbal cognitive performance. *The Japanese Journal of Psychiatry and Neurology*, 43(2), 266-267.
- Horne, J.A., Whitehead, M. (1976). Ultradian and other rhythms in human respiration rate. *Experientia* 32, 1165-1167.
- Huber-Weidmann, H. (1978). *Schlaf, Schlafstörungen, Schlafentzug*. Köln
- Huerta, P.T., Lisman, J. (1993). Heightened synaptic plasticity of hippocampal CA1 neurons during a cholinergically induced rhythmic state. *Nature*, 364, 723-725.
- Hugdahl, K. und Andersson, L. (1986). The 'forced-attention paradigm' in dichotic listening to CV-syllables: A comparison between adults and children. *Cortex* 22, 417-432.
- Hugdahl, K.(Ed). *Handbook of dichotic listening: Theory, methods and research* Chichester: John Wiley and Sons, 1988.
- Hughes, G.P., Reid, D. (1951). Studies on the behavior of cattle and sheep in relation to the utilisation of grass. *J. Agr. Sci.* 41, 350-366.
- Hunt, L.J., Janssen, M., Dagostino, J., Gruber, B. (1989). Haptic identification of rotated letters using the left or right hand. *Perceptual and Motor Skills*, 68, 899-906.
- Hunter, R.F. (1954). Some notes on the behavior of hill sheep. *Brit. J. Animal Beh* 2, 75-78.
- Hyvärinen, J., Poranen, A. (1978). Movement-sensitive and direction and orientation-selective cutaneous receptive fields in the hand area of the post-central gyrus in monkeys. *J.Physiol.* 293, 523-537.
- Isaac, G. (1980). Casting the net wide. A review of archeological evidence for early hominid land-use and ecological relations. In: Current argument on early man. Report of the Nobel symposium, Lars-König Königson (Ed.) Pergamon Press, 226-251.
- Isaakson, R.L., Pribram, K.H. (Eds): *The hippocampus*. New York (1975).
- Jenkins G.M., Watts, D.G. (1968). *Spectral Analysis and its applications*. San Francisco: Holden-Day.
- Jenkins, W.M., Merzenich, M.M., Ochs, M.T., Allard, T., Guic-Robles, E. (1990). Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation. *Journal of Neurophysiology* 63, 82-104.
- Johnson, L.C. (1980). The REM cycle is a sleep-dependent rhythm. *Sleep* 2, 299-307.
- Kavanau, J.L. (1994). Sleep and dynamic stabilization of neural circuitry: a review and synthesis. *Behavioural Brain Research* 63, 111-126.
- Kawashima, R., Roland, P.E., O'Sullivan, B.T. (1993). A PET study of selective attention in man: cross-modality decreases in activity in somatosensory and visual tasks. *J.Cereb.Blood Flow Metab.*, 13, Suppl. 1, 502.
- Kerbeshian, M.C., Yamazaki, S., Hocker, C.G., Straume, M., Menaker, M., Block, G.D. (1996). Correlation between suprachiasmatic nucleus neuronal activity and locomotor activity in hamsters. *Paper presented at the 26th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Vol. 22.*, 2057.
- Kertesz, A., Black, S.E., Polk, M., Howell, J. (1986). Cerebral asymmetries on magnetic resonance imaging. *Cortex*, 22, 117-127.
- Kimura, D. (1961) Some effects of temporal lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology* 15, 156-165.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex* 3, 163-168.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex* 3, 163-178.
- Kimura, D.(1961). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canad. J. Psychol.* 15, 156-171.
- Kimura, D.(Ed). *Speech and Language*. Boston: Birkhäuser, 1989.
- Kinsbourne, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. In: A.F. Sanders (Ed). *Attention and performance*. Amsterdam (1970).
- Kinsbourne, M. (1973). The control of attention by interaction between the cerebral hemispheres, In: S. Kornblum (Ed.) *Attention and Performance IV*. New York: Academic Press.
- Kinsbourne, M. (1975). The mechanism of hemispheric control of the lateral gradient of attention. In: P.M.A. Rabbitt, S. Dornic (Eds.). *Attention and Performance V*. New York: Academic Press.
- Kinsbourne, M. (1975). The ontogeny of cerebral dominance. In: D. Aaronson, R.W. Rieber (Ed). *Developmental psycholinguistics and communication disorders*. New York: Plenum Press.
- Kittler, P., Turkewitz, G. Goldberg, E. (1989). Shifts in hemispheric advantage during familiarisation with complex visual patterns. *Cortex* 25, 27-32.

- Klein, R., Armitage, R. (1979). Rhythms in human performance: 1 1/2 hour oscillations in cognitive style. *Science* 204, 1236-1237.
- Kleitman, N. (1961). The nature of dreaming. In: M. O'Connor (Ed). *The nature of sleep*, 349-364.
- Kleitman, N. (1963). *Sleep and wakefulness*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kleitman, N. (1982). Basic rest activity cycle - 22 years later. *Sleep*, 5, 311-317.
- Klinke, R., Silbernagl, S. (Eds.) *Lehrbuch der Physiologie: Sensorik..* Stuttgart: Thieme, 1994.
- Kolb, B., Whishaw, I.Q. (1990). *Fundamentals in human neuropsychology*. New York, Oxford: Freeman and Company.
- Konopka, R.J., Benzer, S. (1971). Clock mutants of *Drosophila Melanogaster*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 68, 2112-2116.
- Kripke, D.F. (1972). An ultradian biological rhythm associated with perceptual deprivation and REM sleep. *Psychosom. Med.* 34, 221-234.
- Kripke, D.F., Fleck, P.A., Mullaney, D.J., Levy, M.L. (1983). Behavioral Analogs of the REM-nonREM Cycle. In: J. Mendlewicz, H.M. van Praag (Eds.). *Biological Rhythms and Behavior. Advances in Biological Psychiatry, Vol.11*. Basel: Karger.
- Kripke, D.F., Halberg, F., Crowley, T.T., Pegram, U. (1976). Ultradian spectra in monkeys. *Int. J. Chronobiol.* 3, 193-204.
- Kripke, D.F., Mullaney, D.J., Fleck, P.A. (1985). Ultradian rhythms during sustained performance. In: H. Schulz, P. Lavie (Eds.). *Ultradian rhythms in physiology and behavior*, 201-216, Berlin: Springer.
- Kripke, D.F., Mullaney, D.J., Wyborney, V.G., Messin, S. (1978). There's no basic rest-activity cycle. In: F.D. Scott, E.B. Rafferty, P. Sleight, F.D. Goulding, ISAM 1977, *Proc. 2nd Int. Symp. Ambulatory Monitoring*, 105-113. London: Academic Press.
- Kripke, D.F., Reite, M.L., Pegram, G.V., (1968). Nocturnal sleep in rhesus monkeys. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 24, 582-586.
- Kripke, D.F., Sonnenschein, D. (1978). A biologic rhythm in waking fantasy. In: K.S. Pope, J.L. Singer (Eds.). *The stream of consciousness.*, 321, New York: Plenum.
- Kripke, D.F., Wyborney, V.G., Mullaney, D.J., Messin, S., Atkinson, M. (1977). No basic rest-activity cycle in the wrist. *Sleep Res.*, 6, 218.
- Kronauer, R.E., Czeisler, C.A. (1982). Mathematical model of the human circadian system with two interacting oscillators. *Am. J. Physiol.* 242.
- Kronfol, Z., Hamsher, K.S., Digre, K., Waziri, R. (1978) Depression and hemispheric functions: Changes associated with unilateral ECT. *British Journal of Psychiatry*, 132, 560-567.
- Kruger, L.E. (1973). Effects of irrelevant surrounding material on speed of same-different judgements of two adjacent stimuli, *J. exp. Psychol.* 98, 252.
- Kumar, S. (1977). Short-term memory for a nonverbal tactual task after cerebral commissurotomy, *Cortex* 13, 55.
- Kupfer, D., Monk, T., Barchas, J. (1988). *Biological rhythms and mental disorders*. New York: Guilford.
- Kushnir, M., Gordon, H., Heifetz, A. (1980). Cognitive asymmetries in bipolar and unipolar depressed patients. *Paper presented at the meeting of the International Neuropsychological Society, San Francisco, Feb. 2-3*.
- Labrecque, C., Boucher, J.P., Bélanger, M. (1996). Variation in perception threshold during different motor tasks. *Paper presented at the 26th Annual Meeting of the Society for Neuroscience, Vol. 22*, 422.
- Lake, D.A. and Bryden, M.P. (1976). Handedness and sex difference in hemispheric asymmetry, *Brain Lang.* 3, 266-282.
- Lang, P.J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: Computer applications. In: J.B. Sidowski, J.H. Johnson und T.A. Williams (Eds), *Technology in mental health care delivery systems*, 119-137, Norwood.
- Lang, W., Lang, M., Uhl, F., Koska, C., Kornhuber, A., Deecke, L. (1988). Negative cortical DC shifts preceding and accompanying simultaneous and sequential finger movements. *Exp. Brain Research*, 71, 579-587.
- Lavie, P. (1976). Ultradian rhythms in the perception of two apparent motions. *Chronobiology* 3, 214-218.
- Lavie, P. (1980). Ultradian rhythmicity (circa 90 min) in physiologic process - evidence for multi-oscillatory phenomena. *J. of Interdiscipl. Cycle Research*, 11 (3), 171-177.
- Lavie, P. (1982). Ultradian rhythms in human sleep and wakefulness. In: W. B. Webb (Ed.). *Biological rhythms, sleep and performance*, 239-271, New York: Wiley.
- Lavie, P. (1985). Ultradian rhythms: gates of sleep and wakefulness. In: H. Schulz und P. Lavie (Eds.) *Ultradian rhythms in physiology and behavior*, 148-164, Berlin: Springer.
- Lavie, P. (1992). Beyond circadian regulation: ultradian components of sleep-wake cycles. In: C. Stampi (Ed.), *Why we nap*, 102-117, Boston M.A.: Birkhausen.
- Lavie, P., Giora, Z. (1973). Spiral after-effect duration following awakenings from REM sleep and non-REM sleep. *Perception and Psychophysics* 14, 19-20.
- Lavie, P., Gopher, D., Zohar, D., Gonen, A. (1978). Ultradian rhythms in prolonged human performance: Final technical report for grant No. DA-ERO-77-G-057. Technion-Israel Institute of Technology, Technion City, Haifa.
- Lavie, P., Kripke, D.F. (1981). Ultradian circa 1 1/2 hour rhythms: a multioscillatory system. *Life Science* 29, 2445-2450.

- Lavie, P., Kripke, D.F., Hiatt, J.F. and Harrison, J. (1978). Gastric rhythms during sleep. *Behavioral Biology* 23,
- Lavie, P., Levy, C.M., Coolidge, F.M. (1975). Ultradian rhythms in the perception of the spiral aftereffect. *Physiol. Psych.*, 3 (2), 144-146.
- Lavie, P., Matanya, Y., Yehuda, S. (1984). Cognitive asymmetries after wakings from REM and NonREM sleep in right-handed females. *Intern. J. Neuroscience* 23, 111-116.
- Lavie, P., Scherson, A. (1981). Ultrashort sleep-waking schedule. I. Evidence of ultradian rhythmicity in 'sleepability'. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.* 52, 163-174.
- Lavie, P., Zomer, J. (1983). Ultrashort sleep-waking schedule. II. Relationship between ultradian rhythms in sleepability and the REM-NREM cycles and effects of the circadian phase. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.* 57, 35-42.
- Lavie, P., Zvuloni, A. The 24-h sleep propensity function SPF: Experimental basis for somnotypology. In: D.Lloyd, D., E.L. Rossi (Eds). *Ultradian rhythms in live processes: An inquiry to fundamental principles of chronobiology and psychobiology.*, 283-302, London: Springer.
- Liepmann, H. (1900). Das Krankheitsbild der Apraxie. *Mtschr. Psychiatr.* 8, 15-44, 102-132, 182-197.
- Liepmann, H. (1905). Die linke Hemisphäre und das Handeln. *Münchener Med. Wschr* 49, 2375-2378.
- Lindsley, D.B. und Wicke, J.D. (1974). The electroencephalogram: autonomous electrical activity in man and animals. In: R.F. Thomsen, M.M. Patterson (Eds.) *Bioelectric recording techniques, Part B. Electroencephalography and human brain potentials*, 3, New York: Academic.
- Lloyd, D., Edwards, S.F., Fry, J.C. (1982). Temperature compensated oscillations in respiration and cellular protein content in synchronous cultures of *Acanthamoeba castellanii*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 79, 3785-3788.
- Lloyd, D., Kippert, F. (1993). Intracellular coordination by the ultradian clock. *Cell biology international*, 17 (12), 1047-1052.
- Lloyd, D., Rossi, E. (1993). Biological rhythms as organization and information. *Biol. Rev.*, 68, 563-577.
- Lloyd, D., Rossi, E.L. (Eds). *Ultradian rhythms in live processes: An inquiry to fundamental principles of chronobiology and psychobiology*. London: Springer, 1992.
- Lucas, E.F., Harper, R.M. (1976). Periodicities in the rates of on-demand electrical stimulation of the mesencephalic reticular formation to maintain wakefulness. *Exp. Neurol.* 51, 446-456.
- Luria, A.R. (1973). *The working brain: An introduction to Neuropsychology*. London: Penguin Press.
- Lynn G. E. und Gilroy, J. (1977). Evaluation of central auditory dysfunction in patients with neurological disorders. In: R.W. Keith (Ed), *Central Auditory Dysfunction*. New York: Grune and Stratton.
- Magaro, P., Moss, B. (1989). The effect of analytic versus holistic encoding instructions on hemispheric superiority. *Cortex* 25, 317-324.
- Majkowski, J., Bochenek, Z., Bochenek, W., Knapik-Fijalkowska, D., und Kopec, J. (1971). Latency of averaged evoked potentials to contralateral and ipsilateral auditory stimulation in normal subjects. *Brain Research*, 25, 416-419.
- Mandell, A.J., Knapp, S. (1979). Asymmetry and mood, emergent properties of serotonin regulation. *Archives of General Psychiatry*, 36, 909-916
- Manseau, C., Broughton, R.J. (1984). Bilaterally synchronous ultradian EEG rhythms in awake adult humans. *Psychophysiology* 21, 265-272.
- Marshall, W.H., Woolsey, C.N., Bard, P. (1941). Observations on cortical somatic sensory mechanisms of cat and monkey. *J. Neurophysiol.* 4, 1-24.
- Martinius, J. (1974). Hemisphärendominanz und Lateralität. *Klin. Wschr.* 52, 353-357.
- Matlin, M.W. (1988). *Sensation and Perception*, 2nd Edition, Boston: Allyn and Bacon.
- Matousek, M., Petersén, I. (1983). A method for assessment of alertness fluctuations from EEG spectra. *Electroencephalography und Clinical Neurophysiology*, 29, 306-310.
- Maxim, P.E., Bowden, D.M., Sackett, G.P. (1976), Ultradian Rhythms of Solitary and Social Behavior in Rhesus Monkeys, *Physiology and Behavior* 17, 337-344
- McCarley, R.W., Hobson, J.A. (1975). Neuronal excitability modulation over the sleep cycle: A structural and mathematical model. *Science Wash. DC.* 189, 58-60.
- McCarley, R.W., Massaquoi, S.G. (1986). A limit cycle mathematical model of the REM sleep oscillator system. *Am.J.Physiol.* 251, 1011-1029.
- McFie, J. (1961a). Intellectual impairment in children with localized post-infantile cerebral lesions. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 24, 361-365.
- McFie, J. (1961b). The effect of hemispherectomy in intellectual functioning in cases of infantile hemiplegia. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 24, 240-249.
- McGinty, D.S., Siegel, S.M. (1983). Sleep states. In: E. Satinoff, P. Teitelbaum (Eds.). *Motivation. Handbook of Behavioral Neurobiology*. Vol. 6., 109-181, New York: Plenum Press.
- McGlone, J. (1980). Sex differences in human brain organization: A critical survey, *Behavioral and Brain Sciences*, 3, 215-227.

- McKeever, W. und Jackson, T. (1979). Cerebral dominance assessed by object and coloring naming latencies: Sex and familial sinistrality effects. *Brain Language* 7, 175-190.
- McKeever, W., Huling, M.D. (1971). Lateral dominance in tachistoscopic word recognition performances obtained with simultaneous bilateral input. *Neuropsychologia* 9, 15-20 und 281-288.
- McKeever, W. (1986). Tachistoscopic methods in neuropsychology. In: Hannay, H.J. (Ed). *Experimental techniques in human neuropsychology*. New York, Oxford: Academic Press.
- McNeil, M. und Ryan, W.J. (1974). Listener reliability for a dichotic task, *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 1922-1923.
- Meier, G.F. (1964). *Handbuch der deutschen Sprache*. Herder.
- Menaker, M. (1969). Biological clocks. *Bioscience* 19, 681-689, (1969).
- Menaker, M. (1982). The search for principles of physiological organisation in vertebrate circadian system. In: J. Aschoff, S. Dann, G. Gross, G. (Eds). *Vertebrate circadian systems, 1-12*, Berlin Heidelberg: Springer.
- Menaker, M. (1985). Eyes - the second (and third) pineal glands?. *Ciba Found Symp*, 117, 78-92.
- Mendlewicz und H. M. van Praag (Eds.), *Biological Rhythms and Behavior. Adv. in biol. Psychiat*, Vol 11., Basel: Karger, 1983.
- Merzenich, M. (1990) Development and maintenance of cortical somatosensory representations: Functional 'Maps' and Neuroanatomical Repertoires. In: K.E. Barnard (Ed.) *Touch. The Foundation of Experience*. Brazerlton, T.B., Connecticut.
- Mester, J, de Marées, H. (1986). Motorische Lerntheorien - Neurophysiologische Korrelate. In: H. Melching (Ed.). *Aspekte der Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Motorisches Lernen - Leistungsdiagnostik - Trainingssteuerung*. DVS.
- Meyer, J.S., Sakai, F., Karacan, I., Derman, S., Yamamoto, M. (1980). Sleep apnea, narcolepsy, and dreaming: Regional cerebral hemodynamics. *Annals of Neurology* 7, 479-485.
- Meyers, M.B. Smith, B.D. (1987). Cerebral processing of nonverbal affective stimuli: Differential effects of cognitive and affective sets on hemispheric asymmetrie. *Biol. Psych.* 24, 67-84.
- Millar, S. (1977). Early stages of tactual matching, *Perception* 6, 333.
- Milner, B. (1958). Psychological deficits produced by temporallobe exision. *Proc. Ass. Res. nerv. ment. Dis.* 37, 244-257.
- Milner, B., Corkin, S. and Teuber, H.L. (1968) Further analysis of the hippocampal amnesic syndrome: 14-year follow-up study of H.M. *Neuropsychologia* 6, 215-234.
- Milner, B., Taylor, L. (1972). Right hemisphere superiority in tactile pattern recognition after cerebral commissurotomy, *Neuropsychologia* 10, 1.
- Mishkin, M. Forgays, D.G. (1952). Word recognition as a function of retinal locus. *J. exp. Psychol.* 43, 43-48.
- Mitler, M.M., Lund, R., Sokolove, P.G., Pittendridge, C.S. and Dement, W.C. (1977). Sleep and activity rhythms in mice: a description of circadian patterns and unexpected disruptions in sleep. *Brain Res.* 131, 129-146.
- Moore-Ede, M.C., Salzman, F.M., Fuller, C.H. (1982). *The clocks that time us: Physiology of the circadian system*. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press.
- Moscovitch, *Asymmetrie*, 1976.
- Moscovitch, M. (1979). Information processing and the cerebral hemispheres. In: Gazzaniga, M.S. (Ed): *Handbook of Behavioral Neurobiology, Vol. 2: Neuropsychology*, 379-346, New York: Plenum Press.
- Muller, R.U. and Kubie, J.L. (1987) The effect of changes in the environment on the spatial firing of hippocampal complex-spike cells. *J.Neuroscience* 7(7), 1951-1968.
- Muller, R.U., Kubie, J.L. and Ranck Jr., J.B. (1987) Spatial firing patterns of hippocampal complex-spike cells in a fixed environment. *J.Neuroscience* 7(7), 1935-1950.
- Muller, R.U., Kubie, J.L., Ranck, J.R. (1983). Highresolution mapping of the spatial fields of hippocampal neurons in the freely moving rat, *Society for Neuroscience Abstracts* 9, 646.
- Nakagawa, Y. (1980). Continous observation of EEG patterns at night and in daytime of normal subjects under restrained conditions. I. Quiescent state when lying down. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol*, 49., 524-537.
- Neil, R.: *Motor learning*. Ottawa 1983;
- Nudo, R.J., Jenkins, W.M., Merzenich, M.M., Prejean, T., Grenda, R. (1992). Neurophysiological correlates of hand preference in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *Journal of Neuroscience*, 12, 2918-2947.
- O'Keefe, J. (1985). Is consciousness the gateway to the hippocampal cognitive map? A speculative essay on the neural basis of mind. In: D.A. Oakley (Ed.) *Brain and Mind*, London: Methuen, 59-98.
- O'Keefe, J. and Speakman, A. (1987) Single unit activity in the rat hippocampus during a spatial memory task. *Exp. Brain Res.* 68, 1-27.
- O'Keefe, J. Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map*. Oxford: University Press.

- O'Keefe, J., Conway, D.H. (1978). Hippocampal place units in the freely moving rat: Why they fire where they fire. *Exp. Brain Res.* 31, 573-590.
- O'Keefe, J., Nadel, L., (Hg.), The hippocampus as a cognitive map. 1979, *The hippocampus as a cognitive map*, Oxford: Oxford University Press, 1978), *The Behavioral and Brain Sciences* 2, 487-533)
- O'Neill, M. (1991). A biologically based model of spatial cognition and wayfinding. *Journal of Environmental Psychology*, 11, 299-320.
- O'Sullivan, T., Roland, P.E., Kawashima, R. (1994). A PET Study of somatosensory discrimination in man. Microgeometry versus macrogeometry. *European Journal of Neuroscience*, 6, 137-148.
- Ogle, W. (1867). Aphasia and agraphia. *St. George's Hosp. Rep.* 2, 83-122.
- Okawa, M., Matousek, M., Petersen, I. (1984). Spontaneous vigilance fluctuations in the daytime. *Psychophysiology* 21, 207-211.
- Oke, A., Keller, R., Mefford, I. and Adams, R.N. (1978) Lateralization of Norepinephrine in human thalamus. *Science*, 200, 1411-1413;
- Okudaira, N., Kripke, D.F., Webster, J.B. (1984). No basic rest-activity cycle in head, wrist or ankle. *Physiol. Behav.*, 32(5), 843-845.
- Oldfield, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-133.
- Olton, D.S. (1978) Characteristics of spatial memory. In: S.H. Hulse, H. Fowler, W.K. Honig (Eds.). *Cognitive processes in animal behavior*, 341-373, New York: John Wiley.
- Olton, D.S., Becker, J.T., Handelmann, G.E. (1979). Hippocampus, Space and Memory. *Behavioral and Brain Sciences*, 2, 313-322.
- Oniani, T.N., Lorkipanidze, N.D.(1985). Effect of paradoxical sleep deprivation on the learning and memory. In: T.N. Oniani (Ed): *Neurophysiology of motivation, memory and sleep-wakefulness cycle* 4, 214-234.
- Orr, W.C., Hoffman, H.J., Hegge, F.W. (1974). Ultradian rhythms in extended performance. *Aerospace Med.*, 45, 995-1000.
- Orr, W.C., und Naitoh, P. (1975). The coherence spektrum: An extension of correlation analysis with applications to chronobiology. *International Journal of chronobiology*, 3, 171-192.
- Ortega, S.M., Cabrera, M.C. (1990). Ultradian rhythms in the EEG and task performance. *Chronobiologia* 17, 183-194.
- Oscar-Berman, M., Rehbein, L., Porfert, A., Goodglass, H. (1978). Dichhaptic hand-order effects with verbal and nonverbal tactile stimulation. *Brain and Language*, 6, 323-333;
- Oscar-Berman, M., Zurif E.B. und Blumstein, F. (1975). Effects of unilateral brain damage on the processing of speech sounds. *Brain and Language*, 2, 345-355.
- Osowiec, D. (1992). Ultradian rhythms in self-actualization, anxiety und stress-related somatic symptoms. *Diss., california Institute of Integral Studies*.
- Ostermann, K (1956). Zur Aktivität heimischer Muriden und Gliriden. *Zool Jb Allg Zool* 66, 355-388.
- Oswald, I., Merrington, J., Lewis, H. (1970). Cyclic 'on demand' oral intake by adults. *Nature* 225, 959-960.
- Palm, G. (1982). *Neuronal Assemblies. An Alternative Approach to Artificial Intelligence*. Berlin: Springer.
- Panter, C.; Lutkenhoner, B.; Hoke, M. und Lehnertz, K. (1986). Comparison between simultaneously recorded auditory evoked magnetic fields and potentials elicited by ipsilateral, contralateral and binaural ton burst stimulation. *Audiology* 25, 54-61.
- Papousek, M. (1975). Chronobiologische Aspekte der Zyklothymie. *Fortschr. Neurol. Psychiat.* 43, 381-440.
- Parlow, S.E., Kinsbourne, M. (1990). Asymmetrical transfer of braille acquisition between hands. *Brain and language*, 39, 319-330.
- Parmelee, A.H., Schulz, R.H., Disbrow, M.A. (1961). Sleep patterns of the newborn. *J.Pediatr.* 58(2), 241-250.
- Pascual-Leone, A., Torres, F., (1993). Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers. *Brain* 116, 39-52.
- Paul, K., Dittrichova, J. (1975). Sleep patterns following learning in infants. *Sleep* 1974; *2nd European Congr. of Sleep Research Basel*, 380-388.
- Pavlidis, C. and Winson, J. (1989) Influences of hippocampal place cell firing in the awake state on the activity of these cells during subsequent sleep episodes. *J.Neuroscience* 9(8), 2907-2918
- Pavlidis, C., Greenstein, Y.J., Grudman, M., Winson, J. (1988). Long-term potentiation in the dentate gyrus is induced preferentially on the positive phase of Theta-rhythm. *Brain research*, 439, 383-387.
- Paxton, S.J., Trinder, J., Montgomery, I. (1983). Does aerobic fitness effect sleep? *Psychobiology* 20, 320-324.
- Penfield, W., Roberts, L. (1959). *Speech and brain-mechanisms*. Princeton, N.J.: Univ. Press.
- Penfield, W., Perot, P (1963). The brain's record of auditory and visual experience. A final summary and discussion. *Brain*, 86, 595-696.
- Perret, E. (1973). *Gehirn und Verhalten. Neuropsychologie des Menschen*, Bern: Huber.
- Perrier, B., Belin, C., Larmande, P. (1988). Trouble de la lecture du Braille par lesion droite chez une patiente devenue aveugle. *Neuropsychologia*, 26, 179-185.
- Perris, C., Monakhov, K. (1979). Depressive symptomatology and systematic structural analysis of the EEG. In: J.H. Gruzelier, P.Flor-Henry (Eds.), *Hemisphere asymmetries of function and psychopathology*. Amsterdam: Elsevier.

- Perris, C., Monakhov, K., von Knorring, L., Botdkarev, V., Nikiforov, A. (1978). Systematic structural analysis of the electroencephalogram of depressed patients: General principles and preliminary results of an international collaborative study. *Neuropsychobiology*, 4, 207-228.
- Phillips, D.P. und Irvine, D.R.F. (1979). Methodological Considerations in mapping auditory cortex: binaural columns in AI of cat, *Brain Research* 161, 342-346.
- Phillips, D.P. und Irvine, D.R.F. (1981). Responses of single neurons in physiologically-defined area AI of cat cerebral cortex: sensitivity to interaural intensity differences. *Hearing Research*, 4, 229-307.
- Phillips, D.P., Gates, G.R. (1982). Representation of the two ears in the auditory cortex: A re-examination. *International Journal of Neuroscience*, 16, 41-46.
- Phillips, J.R., Johnson, K.O., and Hsiao, S.S. (1988). Spatial pattern representation and transformation in monkey somatosensory cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 85, 1317-1321.
- Pirozollo, F., Rayner, K. (1980). Handedness, hemispheric specialization and saccadic eye movement latencies. *Neuropsychologia* 88, 225-229.
- Pittenderigh, C.S., Daan, S. (1976). A functional analysis of circadian pacemakers in nocturnal rodents. V. Pacemaker structure: a clock for all seasons. *J. Comp. Physiol.* 106, 333.
- Pittendrigh, C.S. (1981). Circadian Systems. Entrainment. In: P.J. Aschoff (Ed): *Biological rhythms. Handbook of behavioural neurobiology* 4. New York: Plenum, 95-124.
- Pöhlmann, R., Kirchner, G. (1979). *Sportmotorik - psychomotorische Grundlagen der Handlungsregulation - zentrales Studienmaterial zur Sportwissenschaft*, Potsdam
- Potts, R. (1984) Home base and early hominids. *American Scientist* 72, 338-347.
- Prop, J., Loonen, H.J.J.E. (1986). *Goose flocks and food exploitation: the importance of being first*, XIX Int.Ornith.Congr. Ottawa, 1878-1887.
- Pulvermüller, F. (1996). Hebb's concept of cell assemblies and the psychophysiology of word processing. *Psychophysiology*, 33, 317-333.
- Ralph, M.R., Foster, R.G. (1990). Transplanted suprachiasmatic nucleus determines circadian period. *Science* 247, 975-978.
- Rapp, P.E. (1987). Why are so many biological systems periodic? *Progress in Neurobiology* 29, 261-273.
- Rechtschaffen, A. und Kales, A. (1968). A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. Washington: US Government Printing Office.
- Reinberg, A., Smolensky, M.H. (1983). *Biological rhythms and medicine: Cellular, Metabolic, Physiopathologic, and Pharmacologic Aspects*. New York: Springer.
- Richardson, D.M. Knights, R.M. (1970). A bibliography on dichotic listening. *Cortex* 6, 236-240.
- Richer, C.P. (1927). Animal behavior and internal drives. *Q.Rev.Biol.* 2, 307-343.
- Richter, C.P. (1965). *Biological clocks in medicine and psychiatry*. Springfield.
- Richter, C.P. (1967). Sleep and activity: their relation to the 24-hour clock. *Proc. Assoc. Res. Nerv. Ment. Dis.* 45, 8-27.
- Riklan, M., Levita, E. (1964). Psychological effects of lateralized basal ganglia lesions: A factorial study. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 138, 233-240.
- Riklan, M., Levita, E. (1965). Laterality of subcortical involvement and psychological functions. *Psychological Bulletin*, 64, 217-224.
- Robbins, T., Everitt, B.J. (1995). Arousal systems and attention. In: M.S. Gazzaniga, M.S. (Ed). *The cognitive neurosciences*. Cambridge MA.: MIT Press, 703-720.
- Robbins, P.R., Tanck, R.H. (1987). A study of diurnal pattern of depressed mood. *Motivation Emotion* 11, 37-49.
- Rockstoh, B., Elbert, T., Canavan, A., Lutzenberger, W., Birbaumer, N. (1989). *Slow cortical potentials and behavior (2nd ed.)*. Baltimore: Urban und Schwarzenberger.
- Röder, B. (1995). *Ereigniskorrelierte Potentiale als Indikatoren neuronaler Plastizität bei blinden Menschen*. Dissertationsschrift, Universität Marburg.
- Roland, P.E. (1981) Somatotopical tuning of postcentral gyrus during focal attention in man. A regional blood flow study. *J.Neurophysiol.* 46, 744-754.
- Roland, P.E. (1982) Cortical regulation of selective attention in man. A regional cerebral blood flow study. *Journal of Neurophysiology*, 46, 744-754.
- Roland, P.E. Larson, B. (1976). Focal increase of cerebral blood flow during stereognostic testing in man. *Arch. Neurol.* 33, 551-558.
- Roland, P.E., Mortensen, E. (1987). Somatosensory detection of microgeometry, macrogeometry and kinesthesia in man. *Brain Res.Rev.*, 12, 1-42.
- Romano, S., Gizdulich, P. (1980). Suggestion of ultradian rhythm in peripheral blood flow. *Chronobiologia*, 7, 259-261.

- Rosenwasser, A., Adler, N. (1986). Structure and function in circadian timing systems: evidence for multiple coupled circadian oscillators. *Neurosci. Biobehav. Rev.*, 10, 413-448.
- Rosenzweig, Leimann, (Eds): *Physiological Psychology*
- Rosenzweig, M.R., Representation of the two ears at the auditory cortex. *American Journal of Physiology*, 1951, 167, 147-158
- Rossi, E. (1986). Altered states of consciousness in everyday life: the ultradian rhythms. In: B.Wolman, M. Ullman (Eds.). *Handbook of altered states of consciousness*. New York: Van Nostrand, 97-132.
- Rossi, E., Nimmons, D. (1991). *The 20 Minute Break: Using the New Science of Ultradian Rhythms*. Los Angeles: Tarcher.
- Rotenberg, V.S. (1990). Sleep and memory I: The influence of different sleep stages on memory, 497-502. Sleep and memory II: Investigations on humans, 503-505. *Neurosc. and Biobehav. Rev.* 16.
- Ruckebush, Y., Bueno, L. (1977). Electrical spiking activity of the small intestine as an ultradian rhythm. *Proc. Int. Congr. Physiol.*, Vol 12, 789.
- Rudel, R.G., Denkla, M.B., Spalten, E.(1974). The functional asymmetry of Braille letter learning in normal, sighted children, *Neurology* 24, 733.
- Rudel, R.G., Martha, B., Denckla, M., Hirsch, M. (1977). The development of left-hand superiority for discriminating braille configurations. *Neurology*, 27, 160-164.
- Rusak, B. (1977). The role of the suprachiasmatic nucleus in the generation of circadian rhythms in the golden hamster, *Mesocricetus auratus*. *J. Comp. Physiol.*, 118, 145-164.
- Rusak, B. (1984). Vertebrate behavioral rhythms. In: J. Aschoff (Ed.). *Handbook of behavioral neurobiology. Vol. 4. Biological rhythms*. New York: Plenum Press, 184-213.
- Russel, J.A.(1979). Affective space is bipolar. *Journal of Personality and Social Psychology*, 37, 345-356.
- Russel, J.A.(1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39, 1161-1178.
- Sackheim, H.A., Gur, R.C., Saucy, M.C. (1982). Emotions are expressed more intensely on the left side of the face. *Science*, 202, 434-436.
- Sadato, N., Campbell, G., Ibáñez, Deiber, M-P., Hallett, M. (1996). Complexity affects regional cerebral blood flow change during sequential finger movements. *The Journal of Neuroscience* 16(8), 2693-2700.
- Sapolsky, R.M. and McEwen, B.S. (1986). Adrenal steroids and the hippocampus. Involvement in stress and aging. In: R.L.Isaacson, K.H.Pribram (Eds.). *The Hippocampus Vol.3*, 257-278.
- Schiffman, H.R. (1982). *Sensation and Perception*. New York: John Wiley und Sons.
- Schilling, A. (1989). *Ultradiane Lateralitätszyklen der dichotischen Hörleistung bei Patienten mit Hirnschädigung*. Diplomarbeit, Universität Konstanz.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor control and learning. A behavioral emphasis*. (2nd ed). Champaign, Ill.: Human Kinetics Publ.
- Schmidt, R.F. (Ed.), *Grundriß der Sinnesphysiologie*⁵. Berlin: Springer, 1985.
- Schmidt, R.F., Thews, G. (Eds.), *Physiologie des Menschen*. Berlin: Springer 1987.
- Schulz, H., Lavie, P. (Eds). Ultradian rhythms in physiology and behaviour. *Exp. Brain. Res., Suppl. 12*. Berlin: Springer, 1985.
- Schulz, H. (1986). Schlaforschung. In : Kisker, K.P. (Ed.). *Psychiatrie der Gegenwart*⁶.
- Scoville, W.B., Millner, B. (1957). Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiat.* 20, 11-21.
- Segalowitz, S.J., Bryden, M.P. (1983). Individual differences in hemispheric representation of language. In: S.J. Segalowitz (Ed). *Language functions and brain organization*. New York: Academic Press.
- Seidel, E. (1971). *Händigkeit, ihre Diagnose und ihre Beziehung zur Hemispärendominanz*. Dissertation, Würzburg.
- Semmes, J. (1968). Hemispheric specialization: A possible clue to mechanism. *Neuropsychologia* 6, 11-28.
- Sergent, J.(1983). Role of input in visual-field asymmetries. *Psychological Bulletin* 93, 3, 481-512.
- Sergent, J., Hellige, J.B.(1986). Role of input in visual-field-asymmetries. *Brain and Cognition* 5, 174-199.
- Shallice,T. (1988). *From Neuropsychology to mental structure*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shannahoff-Khalsa, D.S. (1991). Lateralized rhythms of the central and autonomic nervous system. *Intern.J.Psychophysiol.* 11, 225-251.
- Shapiro, C.M., Bortz, D., Mitchell, P., Bartell, P., Jooste, P. (1981). Slow wave sleep. A recovery period after exercise. *Science* 214, 1253.
- Shepherd, A. (1993). *Handbook of sensory physiology, Vol.2*. Berlin: Springer.
- Siegel, J.M.(1998). Brainstem mechanisms generating REM sleep. In: M.H. Kryger, T. Roth and W.C. Dement (Eds.). *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Philadelphia: W.B. Saunders, 104-120.
- Siegel, J.M., Nienhuis, R., Tomaszewski, K.S. (1984). REM sleep signs rostral to chronic transections at the pontomedullary junction. *Neurosci. Lett.* 45, 241-246.
- Siffre, M.; Reinberg, A.; Halberg, F. (1966). L'isolement souterrain prolongué. Etudes de deux sujets adultes sans avant, pendant et après cette isolement. *Presse Med* 74, 915-919.

- Sigg, H. and Stolpa, A. (1981). Home range and daily march in a *Hamadryas* baboon troop. *Folia primatol.* 36, 40-75.
- Singer, W., Treter, F., Cynader, M. (1976). The effect of reticular stimulation on spontaneous and evoked activity in the cat visual cortex. *Brain Research*, 102, 71-90.
- Smith, C. (1985). Sleep states and learning. A review of the animal literature. *Neurosc. Biobehav.* 9, 157-168.
- Snodgrass, J., Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: norms for name agreement, image agreement, familiarity and visual complexity. *J. Exp. Psych.: Human Learning and Memory* 6, 2, 174-215.
- Souetre, E., Salvati, E., Belugou, J-L., Pringuey, D., Candito, M., Krebs, B., Ardisson, J-L, Darcourt, G. (1989). Circadian rhythms in depression and recovery: Evidence for blunted amplitude as the main chronobiological abnormality. *Psychiatry Res*, 28, 263-278.
- Sperry, R.W. (1966). Brain bisection and mechanisms of consciousness. In: Eccles, J.C.(Ed.), *Brain and conscious experience*, Berlin: Springer.
- Sperry, R.W. (1968). Hemispheric deconnection and unity of conscious awareness. *Amer. Psychologist* 23, 723-733.
- Sperry, R.W. (1974). Lateral Specialisation in the Surgically Separated Hemispheres. In: Schmitt, F.O und Warden, F.G. (Ed.) *The neuroscience third study program*, Cambridge, (1974).
- Springer, S. und Searleman, A. (1978). The ontogeny of hemispheric specialization: evidence from dichotic listening in twins. *Neuropsychologia* 16, 269-281.
- Springer, S.P., Deutsch, G. (1922). *Linkes Rechtes Gehirn*. Heidelberg: Springer
- Squire, L.R., Ojemann, J.G., Miezin, F.M., Petersen, S.E., Videen, T.O., Reichle, M.E. (1992). Activation of the hippocampus in normal humans: a functional anatomical study of memory. *Proc Natl Acad Sci*, 89, 1837-1841.
- Squire, L.R. (1979). The hippocampus, space and human amnesia. *The Behavioral and Brain Sciences* 2, 514-515.
- Stallone, F., Huba, G., Lawlor, W., Fieve, R. (1973). Longitudinal studies of diurnal variations in depression: A sample of 643 patient days. *Br J Psychiatry*, 123, 311-318.
- Starker, S. (1970). Effects of sleep state and method of awakening upon TAT productions arousal. *Journal of Mental and Nervous Disease* 150, 188-194.
- Stebbins, L.L. (1975). Short activity periods in relation to circadian rhythms in *Clethrionomys gapperi*. *Oikos* 26, 32-38.
- Stelmach, G. (1982). *Information processing, motor learning and memory*. New York: Acad. Press.
- Steriade, M.B. (1996). Awakening the brain. *Nature*, 383, 24-25).
- Sterman, M.B. (1967). Relationship of intrauterine fetal activity to maternal sleep stage. *Exp. Neurol. (Suppl.)* 4, 89-106.
- Sterman, M.B. (1985). The Basic Rest-Activity Cycle Revisited: Some New Perspectives. In: H. Schulz, P. Lavie, (Eds). *Ultradian rhythms in physiology and behaviour*. Exp. Brain. Res., Suppl. 12. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Sterman, M.B., Hoppenbrowsers, T. (1971). The development of sleep-waking and rest-activity patterns from fetus to adult in man. In: M.B Sterman, D.J. McGinty, A.M. Adinolfi (Eds.) *Brain development and behavior*. New York: Academic Press, 1984, 203-227.
- Sterman, M.B., Lucas, E.A., MacDonald, L.R. (1972). Periodicity within sleep and operant performance in the cat. *Brain Res.* 38, 327-341.
- Sterman, M.B., McGinty, D.J., Iwamura, Y. (1974). Modulation of trigeminal reflexes during the REM state in brain transected cats. *Arch. Ital. Biol.* 112, 278-297.
- Storm, Ch., Storm, T. (1987). A taxonomic study of the vocabulary of emotions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 53, 805-816.
- Strauss, E., Lapointe, J.S., Wada, J.A., Gaddes, W., und Kosaka, B. (1985). Language dominance: Correlation of radiological and functional data. *Neuropsychologia*, 23, 415-420.
- Strauss, E., Goldsmith, S. (1987). Lateral preferences and performance on nonverbal laterality tests in normal population. *Cortex* 23, 495-503.
- Strong, O.S., Elwyn, A. (1943). *Human neuroanatomy*. Baltimore.
- Studdert-Kennedy, M., Shankweiler, D. (1970). Hemispheric specialization for speech perception. *J. Acoust. Soc. Amer.* 48, 579-594.
- Stunkard, A.J., Fox, S. (1971). The relationship of gastric motility and hunger. A summary of the evidence. *Psychosom. Med.* 33, 123-134.
- Suberi, M., McKeever, W. (1977). Differential right hemispheric memory storage of emotional and non-emotional faces. *Neuropsychologia* 5, 757-768.
- Summers, D.C., Lederman, S.J. (1990). Perceptual asymmetries in the somatosensory system. A dichaptic experiment and critical review of the literature from 1929 to 1986. *Cortex*, 26, 201-226.
- Sur, M. (1995). Maps of time and space. *Nature* 378, 13-14.
- Tarkka, I.M., Hallett, M. (1991). Topography of Scalp-Recorded Motor Potentials in Human Finger Movements. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 8(3), 331-341.
- Tolle, R., Goetze, V. (1987). On the daily rhythm of depression symptomatology. *Psychopathology*, 20, 237-249.
- Tolman, E. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, 55, 189-208.

- Tosini, G., Menaker M. (1995). Circadian rhythms in cultured mammalian retina. *Science*, Vol. 272, 419-421.
- Totterdell, P. (1995). Effects of depressed affect on diurnal and ultradian variations in mood in a healthy sample. *Chronobiology Int.* 12,2, 278-298.
- Touitou, Y., Haus, E.(Eds). *Biologic rhythms in clinical and laboratory medicine*. Berlin, Heidelberg, 1992.
- Tsuji, Y., Fukuda, H., Okuno, H., Kobayashi, T. (1981). Diurnal rhythm of alpha wave activity. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 52, 43.
- Tsuji, Y., Kobayashi, T. (1988). Short and long ultradian EEG components in daytime arousal. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 70, 110-117.
- Tucker, D.M. (1981). Lateral Brain Function, Emotion, and Conceptualization. *Psychological Bulletin*, 89 (1), 19-46.
- Tucker, D.M., Antes, J.R., Stenslie, C.E., Barnhardt, T.N. (1978). Anxiety and lateral cerebral function. *Journal of Abnormal Psychology*, 87, 380-383.
- Uhl, F., Kretschmer, T., Lindinger, G., Goldenberg, G., Lang, W., Oder, W., Deecke, L. (in press). Tactile mental imagery in sighted persons and in patients suffering from peripheral blindness early in life. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*.
- Underwood, H., Hyde, L.L. (1990). A circadian clock measures photoperiodic time in the male lizard 'Anolis carolinensis'. *J.comp.Physiol. A*, 167, 231-243.
- Van den Hoofdakker, R. H., Beersma, D. G. M. (1984). Sleep deprivation, mood, and sleep physiology. In: A.A. Borbely, J.L. Valatx, (Ed.). *Sleep mechanisms. Exp. Brain Res. Supp.* 8, 297-309.
- Vega-Bermudez, F., Johnson, K.O., Hsiao, S.S. (1991). Human taktile pattern recognition: Active versus passive touch, velocity effects, and patterns of Confusion. *Journal of Neurophysiology*, 65(3), 531-546:
- Vertes, R.P. (1986). Brainstem modulation of the hippocampus. Anatomy, physiology and significance. In: R.L.Isaacson, K.H.Pribram (Eds.) *The Hippocampus*, Vol.4, 41-75.
- Volk, S., Simon, O., Schulz, H., Hansert, E., Wilde-Frenz, J. (1984). The structure of wakefulness and its relationship to daytime sleep in narcoleptic patients. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.* 57, 119-120.
- Wada, J, Rasmussen, T. (1959). Intracarotid injection of sodium aytal for the lateralisation of speech dominance. *J. Neurosurg.* 17, 266-282.
- Wada, J. (1949). A new method for the determination of the side of cerebral speech dominance: a preliminary report on the intracarotid injection of sodium amytal in man. *Med. Biol.* 14, 221.
- Wada, T. (1922). An experimental study of hunger and its relation to activity. *Archs. Psychol. Monogr.* 8 (1), 1-64.
- Wallace, R. (1989). Cognitive mapping and the origin of language and mind. *Current Anthropolgy*, 30(4), 518-526.
- Walton, J. (Ed.). *Brain's diseases of the nervous system* (10th ed). Oxford: Oxford Univ. Press, 1993.
- Wang, X., Merzenich, M.M., Sameshima, K., Jenkins, W.M. (1995). Remodelling of hand representation in adult cortex determined by timing of tactile stimulation. *Nature* 378, 71-75.
- Warren, R.M. (1982). *Auditory Perception: A New Synthesis*, New York: Pergamon.
- Warren, S., Hamalainen, H.A., and Gardner, E.P. (1986). Objective classification of motion- and direction-sensitive neurons in primary somatosensory cortex of awake monkeys. *J. Neurophysiol.* 56, 598-622.
- Webb, W.B., Dube, M.G. (1981). Temporal characteristics of sleep. In: J. Aschoff (Ed.), *Handbook of Behavioral Neurobiology* (4), *Biological Rhythms*. New York: Plenum Press, 499-522.
- Weeks, R.A., Catalan, M-J., Honda, M., Hallett, M (1996). A PET study of simple finger movements instructed by auditory, somatosensory, visual and internal cues. *Paper presented at the 26th Annual Meeting of the Society for Neuroscience*, Vol. 22,1450.
- Wehr, T.A. (1992). A brain-warming function for REM-sleep. *Neuroscience* 16, 379-397.
- Wehr, T.A., Wirz-Justice, A. (1979). Phase advance of the circadian sleep-wake-cycle as an antidepressant. *Science* 206, 710-713.
- Werner, B. (1989). *Ultradiane Lateralitätszyklen der tachistoskopischen Bildererkennung-Geschlechtsunterschiede und Einflüsse von Gonadotropin*. Diplomarbeit, Universität Konstanz.
- Werner, G., Whitsel, B.L. (1973). Functional organization of the somatosensory cortex. In: A. Iggo (Ed.), *Handbook of Sensory Physiology*, Vol.2: Somatosensory System. New York: Springer, 621-700.
- Wernicke, C.(1874). *Der aphasische Symptomencomplex*. Breslau.
- Wernicke, C. (1906). *Grundriß der Psychiatrie in klinischen Vorlesungen*. Leipzig.
- Wertz, D.A., Bickford, R.G., Bloom, F.E. and Shannahoff-Khalsa, D.S. (1983). Alternating cerebral hemispheric activity and the lateralization of autonomic nervous function. *Human Neurobiology* 2, 39-43.
- Wever, R.A. (1989). Light effects on human circadian rhythms: a review of recent Andechs experiments. *Journal of Biological Rhythms* 4, 161-185.
- Wever, R.A. (1979). *The circadian system of man. Results of experiments under temporal isolation*. Berlin. Heidelberg, Springer.

- Wexler, B., Lipmann, A. (1988). Sex differences in change over time in perceptual asymmetrie. *Neuropsychologia* 26 (6), 943-946.
- Wexler, B.E., Halwes, T. (1983). Increasing the power of dichotic methods: The fused rhymed words test. *Neuropsychologia*, 21, 59-66.
- Whitaker, H.A., Ojeman, G.A. (1977). Lateralisation of higher cortical functions: A critique. *Ann. New York Acad. Science*. 299, 459-473.
- Wilson, M.A., McNaughton, B.L. (1994). Reaction of hippocampal ensemble memories during sleep. *Science* 265, 676-679.
- Winkelmann, Y. (1990). *Ultradiane Rhythmik kognitiver Funktionen - Eine experimentelle Studie*. München: Profil.
- Winson, J. (1986). Behaviorally dependent neuronal gating in the hippocampus. In: R.L. Isaacson and K.H. Pribram (Eds). *Behaviorally dependent neuronal gating in the hippocampus*, New York:Plenum Press, Vol.4, 77-91.
- Witelson, S.F. (1974). Hemispheric specialization for linguistic and non-linguistic tactual perception using a dichotomous stimulation technique. *Cortex* 10, 3-17.
- Witelson, S.F. und Pallie, W. (1973). Left hemisphere spezialization for language in the newborn: Neuroanatomical evidence of asymmetrie. *Brain*, 96, 641-646.
- Witelson, S.F. (1983). Bumps on the brain: Right-left anatomical asymmetry as a key to functional lateralisation. In: S.J. Segalowitz (Ed): *Language functions and brain organization*. New York: Academic Press.
- Wittling, W. (1973). *Funktionale Hemisphären-Spezialisierung: Theorien, Methoden und Ergebnisse neuropsychologischer Forschung*. Dissertation, Mannheim.
- Wollnik, F., Gartner, K., Büttner, D. (1987). Genetic analysis of circadian and ultradian locomotor activity rhythms in laboratory rats. *Behav. Genet.*, 17, 167-178.
- Wollnik, F., Turek, F. (1989). SCN lesions abolish ultradian and circadian components of activity rhythms in LEW/Ztm rats. *Am. J. Physiol.*, 25, R1027-R1039.
- Wolpert, E.A., Goldberg, J.F., Harrow, N. (1990). Rapid cycling in unipolar and bipolar affective disorders. *Am J Psychiatry*, 147, 725-728.
- Wrangham, R.W. (1977). Feeding behaviour of chimpanzees in Gombe national park, Tanzania. In: T.H. Clutton-Brock (Ed.). *Primate Ecology. Studies of feeding and ranging behaviour in lemurs, monkeys and apes*. London: Academic press.
- Yamazaki, S., Kerbeshian, C.G., Hocker G.D., Block, G.D., Menaker, M. (1996). Phase Relationships in ultradian and circadian rhythms between the suprachiasmatic nucleus and other brain regions. *Paper presented at the 26th Annual Meeting of the Society for Neuroscience*, Vol. 22, 2056.
- Yellen, J. and Harpending, H. (1972). Hunter-gatherer population and archaeological inference. *World Archaeol.* 4, 244-253.
- Young, A.W., Ellis, A. (1979). Perception of numerical stimuli felt by fingers of the left and right hands. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, 263- 272.
- Zaidel, E. (1978). Auditory language comprehension in the right hemisphere following cerebral commissurotomy and hemispherectomy: A comparison with child language and aphasia. In: Caramazza, A., Zurif, E. (Ed). *Language aquisition and language breakdown. Parallels and divergencies*. Baltimore: John Hopkins Univ. Press.
- Zaidel, E. (1983). Response to Gazzaniga: Language in the right hemisphere, convergent Perspectives. *Amer. Psych.* 38, 342-346.

Fragebogen zur Lateralen Präferenz

Name/Vpn-Code:

Geburtsdatum:

Geschlecht:

1. Mit welcher Hand schreiben Sie?
2. Mit welcher Hand malen Sie?
3. Mit welcher Hand werfen Sie einen Ball?
4. Mit welcher Hand zünden Sie ein Streichholz an?
5. In welcher Hand halten Sie einen Suppenlöffel?
6. In welcher Hand halten Sie die Zahnbürste?

7. Mit welcher Hand verrichtete üblicherweise Ihre Mutter diese Tätigkeiten?
8. Mit welcher Hand Ihr Vater?
9. Gibt es Linkshänder in Ihrer Familie (Verwandtschaft 1.Grades)?

10. Mit welchem Fuß kicken Sie einen Ball?
11. Mit welchem Fuß steigen Sie zuerst auf einen Stuhl?

12. Mit welchem Auge schauen Sie durch ein Schlüsselloch?
13. Wenn Sie in eine dunkle Flasche schauen wollen, um zu prüfen, wie voll sie noch ist, welches Auge würden Sie benutzen?

14. Mit welchem Ohr würden Sie an der Tür horchen, wenn Sie ein Geräusch im Nebenraum belauschen wollen?
15. In welches Ohr würden Sie den Ohrhörer eines Radios stecken?

Instruktionsblatt zur Orientierungsaufgabe

Liebe Versuchsperson!

Wir werden nun mit dem Auto ein Stück auf's Land fahren zu einem Naturschutzgebiet, das Sie nicht kennen.

Dieses Waldgebiet wird der Ort sein, den Sie heute so genau wie möglich kennenlernen sollen.

- Das Gebiet ist vollständig von Hauptverkehrsstraßen umschlossen, welche Ihnen die äußersten Grenzen des zu explorierenden Geländes markieren helfen.

- Die Versuchsleiterin wird Sie den ganzen Tag über begleiten. **Sie** bestimmen wohin wir spazieren, wie schnell, wie lange an einem Stück und wann und wie oft Sie Pause machen möchten. Essen, trinken und rauchen Sie ganz nach Ihren üblichen Gewohnheiten. Gehen Sie dabei nach Ihrem eigenen Wohlbefinden vor. Sie kennen sich selbst am besten. Wichtig ist nur, daß Sie die unten beschriebenen Aufgabe lösen, ohne sich körperlich zu überfordern!

- Mit Ablauf der acht Stunden, die Ihnen zur Verfügung stehen, sollten Sie wieder am Ausgangspunkt/ Start angelangt sein, auch wenn die Aufgabe bis dahin nicht vollständig gelöst sein sollte. Planen Sie also bitte die Zeit ein, die Sie für Ihren Rückweg, nach Ihrer Einschätzung brauchen werden.

Ihre Aufgabe:

1. Sie haben acht Stunden Zeit, das beschriebene eingegrenzte Waldgebiet so gut als möglich kennenzulernen.

Am Ende des Versuchstages möchten wir von Ihnen gerne, daß Sie in der Lage sind eine **räumliche Skizze** des Geländes anzufertigen, mit z.B. markanten Punkten, Wegen, Wasserläufen, Wiesen, Wäldern, Anhöhen, Tälern etc.; alles, was Ihnen wichtig erscheint, was Sie gesehen haben und erinnern können.

Während der Versuchszeit sollten Sie bitte keine Notizen machen.

2. Innerhalb des Gebietes liegen größere, stehende Gewässer: Weiher, kleine Seen. Diese gilt es zu finden und auch deren relative Lage im durchwanderten Gebiet später in eine Skizze einzutragen.

3. 4x pro Stunde wird Ihnen die Versuchsleiterin, wie Ihnen soeben demonstriert wurde, die **Blindenschriftkarten zum rechts- und linkshändigen Abtasten** der darauf eingestanzten Muster reichen, sowie Sie bitten den **Befindlichkeitsfragebogen** auszufüllen.

Viel Glück!