

**Medizinische Untersuchung zur
Circadianrhythmik und zum Verhalten bei
Überwinterern auf einer antarktischen
Forschungsstation**

**Medical Studies of the Circadian Rhythm
and the Behaviour of Station Personnel in
an Antarctic Research Station**

Hans Wortmann

**Ber. Polarforsch. 169 (1995)
ISSN 0176 - 5027**

Aus dem Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund
Abt. Arbeitsphysiologie II
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. phil. J. Rutenfranz (†)

und dem
Ordinariat für Arbeitsmedizin der Universität Hamburg
Direktor: Prof. Dr. med. D. Szadkowski

Angenommen von dem Fachbereich Medizin der
Universität Hamburg am 27. Januar 1995

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg

Sprecher: Prof. Dr. H.-P. Leichtweiß

Referent: Prof. Dr. D. Szadkowski

Hans Wortmann
Institut für Anästhesie und operative Intensivmedizin
Kreiskrankenhaus Heide
Esmarchstr. 50
D-25746 Heide

Die vorliegende Arbeit ist die leicht veränderte Druckfassung einer Dissertation, die im Februar 1994 der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg unter folgendem Titel vorgelegt wurde:

***"Untersuchung zur jahreszeitlichen Variation der Circadianrhythmik
der Körpertemperatur und der Befindlichkeit sowie zum Arbeits- und Schlafverhalten
bei fünf männlichen Überwinterern in der Antarktis".***

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Summary	III
Abkürzungen	V
1 Einleitung	1
2 Zur Situation der Überwinterungsmannschaft	2
2.1 Daten und Anmerkungen zu den Überwinterern,	2
zu ihrer Vorbereitungs- und Überwinterungszeit	
2.2 Die Georg-von-Neumayer-Station, der Stationsalltag	9
2.3 Belastungen durch die soziale Isolation	15
2.4 Das antarktische Klima	18
2.5 Belastungen durch das antarktische Klima	22
3 Zur Rhythmik biologischer Funktionen	34
3.1 Biologische Zeitstrukturen	34
3.2 Circadiane Rhythmen	35
3.3 Die Zeitgeber	40
3.4 "Chronotypen"	52
3.5 Jahresrhythmen	55
4 Die Untersuchung	57
4.1 Anmerkungen zur Planung und Durchführung der Untersuchung	57
4.2 Methodische Probleme bei der Datenerhebung	60
4.3 Statistische Methoden	66
5 Ergebnisse	71
5.1 Time-Budget-Studien	71
5.1.1 Arbeitszeiten	72
5.1.1.1 Zur Dauer der täglichen Arbeit	72
5.1.1.2 Zeiten des täglichen Arbeitsbeginns	74
5.1.2 Essenszeiten	76

5.1.3	Schlafzeiten und Schlafqualität	78
5.1.3.1	Tagschlaf	78
5.1.3.2	Nachtschlaf	79
5.2	Untersuchungen zur Circadianrhythmik der Körpertemperatur, Müdigkeit und "Befindlichkeit" nach der Eigenschaftswörterliste EWL-N	88
5.2.1	Mundbodentemperatur	89
5.2.2	Müdigkeit	105
5.2.3	"Befindlichkeit" nach der Eigenschaftswörterliste EWL-N	114
5.2.3.1	Hinweise zur Eigenschaftswörterliste EWL-N	115
5.2.3.2	"Leistungsbezogene Aktivität"	120
5.2.3.3	"Allgemeine Desaktivität"	133
5.2.3.4	"Extraversion/Introversion"	146
5.2.3.5	"Allgemeines Wohlbehagen"	157
5.2.3.6	"Emotionale Gereiztheit" und "Angst"	166
5.2.3.7	Ein Vergleich der 6 Befindlichkeitsbereiche der EWL-N	178
6	Diskussion der Ergebnisse	182
7	Zusammenfassung	204
8	Ausblick	205
9	Literaturverzeichnis	207
10	Anhang	224
10.1	Anleitung und Erhebungsbogen	224
10.2	Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N	239
10.3	Time-Budget-Studien	242
10.4	Vergleiche der Variablen untereinander	245
	Danksagung	261

Summary

The aim of the present research project was to find out how strongly the different daylight conditions in the Antarctic affect human circadian rhythm in the course of a year. Furthermore, we wanted to investigate whether the social isolation under Antarctic living conditions causes a strain that influences human behaviour.

The testpersons were five men working in the Federal Republic of Germany's Georg von Neumayer research station nearby the border of the Antarctic continent.

Data concerning working and sleeping behaviour were collected by means of a time budget study and data concerning the circadian rhythm of body temperature, tiredness and "Befindlichkeit" (e.g. subjective feeling according to the list of adjectives EWL-N by Janke and Debus, 1978) were collected by way of daily profiles.

What was expected were, above all, delays in the phases of circadian rhythms at the time of the polar night and a development towards a depressive mood caused by the social isolation of the testpersons, possibly in the form of a winter depression (seasonal affective disorder).

Some of the variables taken into account might hint at the hypothetical influence of social isolation on developing a depressive mood, but the bulk of the results does not support the idea that social isolation might have set in motion a substantial trend towards a depressive mood throughout the year. A reason for this might be that, with time, life at the station took an increasingly inward trend so that social contacts from the time before the expedition grew less important for the station personnel in the course of time. Psychic stress by social isolation could, therefore, gain no significant impact.

Significant changes of working and sleeping habits as well as the "Befindlichkeit" prove the effect of the change of bright light and darkness as a synchronizer ("Zeitgeber") for human circadian rhythm. It emerged that the "dark period" relevant for the station personnel stretched for a longer period than just the polar night and the weeks of particularly short daylight. It was also at times of drift and storm that the station personnel was barely able to leave the daylightless station, and the station's lighting was obviously no adequate substitute for daylight. Thus latest acrophases of the variables analysed first appeared in the months of July and August.

Significant changes of the circadian rhythm in form of shifted phases as well as destabilized daily rhythm could not in every case be clearly assigned to the seasons or the testpersons' "dark period".

In particular, sublingual temperature proved an inadequate means for judging human circadian rhythm in an environment determined by cold. Its seasonal variations of mesors, amplitudes

and acrophases, which did not correspond with our expectations, could be explained by the testpersons' exposition to cold.

Problems in interpreting results also occurred by different frequentations of the measuring points in the measuring periods. By cosinor analyses of the data of different variables this problem of "mean value falsification" could be partly remedied. Due to the small number of testpersons, inter-individual differences (e.g. in sleeping behaviour) could have a stronger influence on the whole group's results.

The group behaviour of the station personnel (e.g. common meal times) seems to have the function of a synchronizer ("Zeitgeber"), which was able to adapt the circadian rhythms of the testpersons to a 24-hour day throughout the seasons.

Results of existing laboratory and field research on the influence of light on human circadian rhythm could be confirmed in this study. The existence of a human circannual rhythm could be assumed but not proved.

Abkürzungen

AWI:	Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven
EWL, EWL-N:	Eigenschaftswörterliste
"LA":	Bereich "Leistungsbezogene Aktivität" der EWL-N
"AD":	Bereich "Allgemeine Desaktivität" der EWL-N
"E/I":	Bereich "Extraversion/Introversion" der EWL-N
"AW":	Bereich "Allgemeines Wohlbefinden" der EWL-N
"EG":	Bereich "Emotionale Gereiztheit" der EWL-N
"Angst":	Bereich "Angst" der EWL-N
"FS Polarstern":	Forschungsschiff der Bundesrepublik Deutschland
GMT:	Greenwich Medium Time
GVN-Station:	Georg-von-Neumayer-Station, Überwinterungsstation der Bundesrepublik Deutschland in der Antarktis
Jan, Feb, Mrz usw.; J, F, M usw.:	die Monate des Jahres
JF, FM, MA usw.; JFMA, FMAM, MAMJ usw.:	2- bzw. 4-Monatsfenster
KK-Temp:	Körperkerntemperatur
MB-Temp:	Mundbodentemperatur
MZP:	Meßzeitpunkt, Meßzeitpunkte
MZP-1:	Meßzeitpunkt 1, 04.00 Uhr; fortlaufende Zahlen bis MZP-6, 24.00 Uhr
MZPgesamt:	Gesamtheit mehrerer Meßzeitpunkte nach Angabe
"MZPkalt":	Meßzeitpunkt mit vorangegangenem Aufenthalt im Freien
"MZPwarm":	Meßzeitpunkt ohne vorhergehenden Aufenthalt im Freien
PRC:	Phase-Response-Curve
SCN:	Nucleus suprachiasmaticus
SL:	Schlaflänge
SM:	Schlafmitte
SQ:	Schlafqualität
SPW, SPWe:	Skalenpunktwert, Skalenpunktwerte der EWL-Skalen
TBS:	Time-Budget-Studie
VP-1, VP-2, VP-3, VP-4, VP-5:	die einzelnen Versuchspersonen
VP (1-5), VP 1, 2 und 4:	mehrere einzelne Versuchspersonen entsprechend der Angabe
VPgesamt:	die gesamte Gruppe der Versuchspersonen

"The light of the Arctic summer..... This luminous glow is also an efficient tonic to the mind and body; but before the night begins the stimulation is replaced by a progress depression. The darkness, cold and isolation then drive the mental faculties on to melancholy."

Cook, 1897

"There can be no doubt, however, that the polar night, the cold and the dark, especially the dark were indeed the true cause. The same discomforts were all present in the summer, though in less degree, and yet one's whole existence both outside and inside was quite different during the light period."

Lindhard, 1913

1 Einleitung

Auf Initiative des damaligen Leiters der Abteilung Arbeitsphysiologie II des Instituts für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Prof. Dr. med. Dr. phil. J. Rutenfranz (†) wurde im Dezember 1984 mit Herrn Hans Wortmann, dem zukünftigen Überwinterungsarzt und Leiter der Georg-von-Neumayer-Station (Antarktisstation der Bundesrepublik Deutschland) vereinbart, eine gemeinsame Untersuchung zum Thema "Jahreszeitliche Variationen der Circadianrhythmik der Körpertemperatur und der Befindlichkeit" sowie zum Arbeits- und Schlafverhalten von fünf Überwinterern in der Antarktis über einen Zeitraum von zwölf Monaten durchzuführen.

Zur Frage, unter welchen Umständen Veränderungen der Circadianrhythmik beim Menschen möglich sind, liegen weltweit zahlreiche unter Laborbedingungen durchgeführte Versuche sowie in geringerer Zahl Feldversuche vor.

Das Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund ist in dieser Beziehung bekannt für seine Forschungen auf dem Gebiet der Schichtarbeit. Bei diesen Forschungen zeigte sich, daß Umstellungen der Circadianrhythmik durch Schichtarbeit eher problematisch bleiben, während beispielsweise Umstellungen der Circadianrhythmik bei Zeitzoneüberquerungen unproblematisch verlaufen.

Die Möglichkeit, in der Antarktis eine ganzjährige Untersuchung zu diesem Fragenkomplex unter Feldbedingungen durchführen zu können, versprach interessante Aufschlüsse zur Circadianrhythmik des Menschen beizutragen, denn die Überwinterer würden zum einen während ihrer langen Isolation einem Mangel an sozialen Bezügen außerhalb der Überwinterungsgruppe und zum anderen dem Einfluß des extremen antarktischen Klimas, das insbesondere durch die im Laufe des Jahres unterschiedlichen Tageslichtverhältnisse charakterisiert ist, ausgesetzt sein.

2 Zur Situation der Überwinterungsmannschaft

Zum besseren Verständnis der allgemeinen Situation, in der sich die Überwinterer befanden, und insbesondere zum Verständnis der Belastungen, denen sie während ihres Aufenthaltes in der Antarktis ausgesetzt waren, folgt die Beschreibung der Überwinterungsmannschaft, ihrer Vorbereitungs- und Überwinterungszeit, der Georg-von-Neumayer-Station (GVN-Station), des antarktischen Klimas sowie der Belastungen, die sich aus der Isolation der Überwinterer ergaben.

2.1 Daten und Anmerkungen zu den Überwinterern, zu ihrer Vorbereitungs- und Überwinterungszeit

Die Überwinterungsmannschaft

Die Überwinterungsmannschaft bestand aus neun Männern. Im technischen Bereich waren ein Schiffsingenieur, ein Funker, ein Elektriker und ein Koch beschäftigt, im Observatoriumsbereich der Station arbeiteten je zwei Meteorologen und Geophysiker. Die Leitung der Station hatte der die Mannschaft betreuende Arzt inne. Die Betriebsmannschaft rekrutierte sich aus der Reederei Hapag-Lloyd, das heißt es handelte sich bei ihr um zur See fahrendes Personal, das für die Dauer der Vorbereitungszeit und der Überwinterung vom Alfred-Wegener-Institut übernommen worden war. Wissenschaftler und Arzt standen beim Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven direkt unter Vertrag.

Tab. 2.1 Altersverteilung der Überwinterer (Stand : 1.1.1985)

Berufliche Gruppe	Alter (in Jahren)	Durchschnittsalter (in Jahren)
Betriebsmannschaft	36,75 bis 47,25	41,8
Wissenschaftler/Arzt	28,5 bis 38,5	31,8
Gesamte Gruppe	28,5 bis 47,25	36,3

Der jüngste Überwinterer war 28,5 Jahre, der älteste 47,25 Jahre alt. Das Durchschnittsalter der gesamten Gruppe betrug 36,3 Jahre. Die Gruppenmitglieder Wissenschaftler/Arzt waren im Mittel 10 Jahre jünger als die Mitglieder der Betriebsmannschaft. (Siehe Tab. 2.1: *Altersverteilung der Überwinterer*).

Die Vorbereitungszeit

Die Zugehörigkeit der Überwinterungsmannschaft zum Alfred-Wegener-Institut begann im August 1984. Bis zur Abreise im Dezember wurde ein umfangreiches Programm zur Vorbereitung für die Zeit in der Antarktis absolviert. Die Kurse sollten die zukünftigen Überwinterer mit ihren speziellen Aufgaben sowie mit den allgemeinen Lebensbedingungen in der Antarktis vertraut machen. Neben Einweisungen für die Wissenschaftler und das technische Personal in ihre Arbeitsgebiete gab es allgemeine Kurse und Schulungen wie z.B. einen Berg- und Survivalkurs, einen Navigationskurs, eine Fahrschulung auf Kettenfahrzeugen, einen Feuerschutzkurs und einen Erste Hilfe-Lehrgang.

Der Versuch, die Zusammensetzung der Überwinterungsmannschaft während der Vorbereitungszeit mittels psychologischer Auswahlkriterien (psychol. Tests) zu optimieren, war fehlgeschlagen. Eine positive Konsolidierung der Gruppe war dadurch eher erschwert worden.

Gegen Ende der Vorbereitungszeit ergab sich die Notwendigkeit, den Arzt der Überwinterungsmannschaft auszutauschen, so daß diese Stelle ab Dezember 1984 neu besetzt werden mußte. Dadurch traf der neue Überwinterungsleiter mit den anderen Acht erst während der Reise in die Antarktis zusammen. Dieser späte Wechsel dürfte nicht unproblematisch gewesen sein, da die Vorbereitungszeit nicht zuletzt zur Konsolidierung der Mannschaft gedacht war und eine gewisse Verbundenheit der Gruppe gegenüber dem ausgeschiedenen Überwinterungsarzt bestanden hatte.

Vor diesem Hintergrund war es nicht leicht, fünf Probanden für die hier vorliegende Untersuchung zu gewinnen. Einmal konnte das Informationsgespräch über diese Untersuchung mit den potentiellen Probanden aus organisatorischen Gründen erst kurz vor der Ankunft in der Antarktis und nicht schon während der Vorbereitungszeit geführt werden, da die Untersuchung kurzfristig geplant und an die Person des neuen Überwinterungsleiters gebunden war. Zum anderen weckte die für die Autorhythmometrie notwendige Ausfüllung der Fragebögen Assoziationen zu negativen Erfahrungen mit Fragebögen in der Vorbereitungszeit. Bei den Seeleuten fehlte deshalb jegliche Motivation, die zur Durchführung von autorhythmometrischen Erhebungen unerlässlich ist. (Reinberg u.a. 1975a). Aus diesen Gründen kamen für die Untersuchung nur die vier Wissenschaftler, bei denen ebenfalls erhebliche Vorbehalte insbesondere in bezug auf die Erhebung der "Befindlichkeit" nach der Eigenschaftswörterliste EWL-N (Janke, Debus 1978) bestanden, sowie der Arzt als Probanden in Frage. Wahrung der Anonymität bei der Auswertung der erhobenen Daten mußte ausdrücklich zugesagt werden.

Tab. 2.2 Reise- und Überwinterungsdaten

26.12.1984	* Abflug ab Hamburg/Frankfurt
27.12.1984	* Ankunft in Kapstadt, SA.
28.12.1984	* Weiterreise mit dem Schiff "SA Agulhas" in die Antarktis
7. 1.1985	* Ankunft in der Atka-Bucht, Antarktika sowie in der Georg-von-Neumayer-Station
	* Beginn der Sommerkampagne 1984/85
24. 2.1985	* Ende der Sommerkampagne 1984/85 und Abreise der vorjährigen Überwinterer
	* Beginn der "eigentlichen Überwinterung" 1985/86
15.12.1985	* Ankunft des "FS Polarstern" in der Atka-Bucht
	* Ende der "eigentlichen Überwinterung" 1985/86
	* Beginn der Sommerkampagne 1985/86
28. 2.1986	* Ende der Sommerkampagne 1985/86
	* Abreise der Überwinterer mit "FS Polarstern" nach Kapstadt
13. 3.1986	* Ankunft in Kapstadt, SA.
Anschließend	* Individuell gestaltete Rückreisen in die Bundesrepublik Deutschland

Die Anreise

Die Anreise erfolgte ab Hamburg/Frankfurt über Johannesburg nach Kapstadt in Südafrika mit dem Flugzeug. Von Kapstadt aus erreichten die Überwinterer mit dem südafrikanischen Forschungs- und Versorgungsschiff "SA Agulhas" nach einer 10-tägigen Seereise durch den Südatlantik ihren Bestimmungsort in der Antarktis. Die Reise- und Überwinterungsdaten sind Tabelle 2.2 zu entnehmen.

Zeitonenüberquerungen während der Anreise

Tageszeitverschiebungen aufgrund von Zeitonenüberquerungen traten für die Überwinterer lediglich während der Anreise und der Sommerkampagne 1985/86 auf. Da die Hauptreise-richtung bei der Anreise nordsüdlich verlief, waren die Zeitverschiebungen gering:

Von der Bundesrepublik Deutschland nach Südafrika betrug die Zeitverschiebung +1 Stunde, von Südafrika nach GVN-Station, Antarktika -2 Stunden. Zwischen der mitteleuropäischen Zeit (MEZ) und der Stationszeit der GVN-Station bestand ein Zeitunterschied von nur einer Stunde. (Siehe Kapitel 2.2: *Die Stationszeit*).

Während der Zeit der vorliegenden Untersuchung hat eine Anpassung der biologischen Tagesrhythmik an verschobene Tageszeitabläufe keine Rolle gespielt. (Reentrainment der Circadianperiodik: Aschoff u.a. 1975; Sasaki 1972).

Der durch die Anreise bedingte Wechsel der Jahreszeit

Da die Anreise von der nördlichen zur südlichen Erdhalbkugel führte, fand für die angehenden Überwinterer ein Sprung vom Nordwinter zum Südsommer statt. Sie mußten sich auf einen um sechs Monate verschobenen Gang der Jahreszeiten einstellen. Da beim Menschen ein Jahresrhythmus physiologischer und psychologischer Funktionen bekannt ist (Reinberg und Lagoguey 1978a, 1978b; Klöppel 1979; Seifert 1960; Gutjahr u.a. 1978), sollte man zumindest die im Monat Januar und vielleicht auch im Februar erhobenen Daten mit entsprechender Zurückhaltung interpretieren.

Der Aufenthalt in der Antarktis

Der Aufenthalt in der Antarktis begann für die Überwinterer am 7.1.1985 mit Ankunft in der Georg-von-Neumayer-Station (GVN-Station) und endete am 28.2.1986 mit der Abfahrt von dort an Bord des "FS Polarstern". Die Dauer des ununterbrochenen Aufenthalts in der Antarktis betrug dementsprechend nicht ganz 14 Monate.

Während der Sommerkampagne 1984/85 (7.1.- 24.2.1985) befanden sich 20 Personen (je neun vorjährige und zukünftige Überwinterer sowie zwei weitere Mitarbeiter des AWI) in der GVN-Station. Diese Zeit diente vor allem der Einweisung der neuen Überwinterer in ihre Arbeitsbereiche sowie verschiedenen Instandsetzungsarbeiten an der Station.

Die sieben Wochen dieser Übergabezeit waren durch die An- und Abreise des "FS Polarstern" vorgegeben und erschienen den alten wie neuen Überwinterern recht lang. Einesteils harmonisierte das Zusammenleben und -arbeiten der beiden Gruppen gut, anderenteils kam es durch das enge Miteinander auch zu Spannungen und leichten Behinderungen. Insbesondere wurde der Tatendrang der "Neuen" vom noch amtierenden vorjährigen Stationsleiter gedämpft. Die letzten Tage dieser Stationsübergabezeit waren durch die Aufbruchstimmung der alten Überwinterungsgruppe gekennzeichnet.

Die "eigentliche Überwinterung"

Die "eigentliche Überwinterung", das heißt die Dauer der Isolation der Überwinterungsgruppe in der Antarktis umfaßte die Zeit zwischen der Abreise des "FS Polarstern" am 24.2.1985 aus der Atka-Bucht und der Wiederankunft des Schiffes am 15.12.1985. Während dieses Zeitraums von nicht ganz 10 Monaten Dauer waren die Überwinterer von der Außenwelt, sieht man von Funkverbindungen (Telex und Telefon) ab, isoliert und völlig auf sich gestellt.

Die Zeit der "eigentlichen Überwinterung" läßt sich in drei Phasen unterteilen (s. Tab. 2.3):

In **Phase 1** war die Stimmung allgemein sehr gut. Die Überwinterer hatten mehr als genug zu tun und waren darüberhinaus durch das Erleben der antarktischen Natur so sehr begeistert, daß sich dieses gute Gefühl auch auf ihr Zusammenleben auswirkte. Sie genossen das Gefühl "*endlich allein zu sein*" und durch ihre gemeinsamen Arbeiten und Aktionen traten keine größeren Differenzen zwischen ihnen auf.

Viele Aktivitäten fanden außerhalb der Station statt: Einige Wissenschaftler schufen die logistischen Voraussetzungen zur Durchführung eigener Projekte. Dies zeigte sich in ihren Aktionen auf dem Schelfeis. Hierzu gehörten z.B. Trassenerkundungen bis 40 km südlich der GVN-Station im Vorfeld des Aufbaues einer meteorologischen Station sowie die Errichtung eines Wettermastes und Aufstellung eines transportablen Wohnschlittens an dieser Stelle oder Erkundungen eines spaltenreichen Ice-Rise-Gebietes ca. 9 km nördlich der GVN-Station für die anschließend durchgeführte Installation eines seismischen Arrays. Innerhalb der Station richteten sich die Überwinterer jetzt häuslich ein, was sich in der Renovierung der Station und der individuellen Ausgestaltung der Wohncontainer, soweit dies aus Sicherheitsgründen zulässig war, widerspiegelte.

In **Phase 2** verlagerten sich die Aktivitäten mehr auf die inneren Räumlichkeiten der Station; der Umfang der Außenarbeiten nahm helligkeits- und temperaturbedingt ab. (Siehe Tab. 2.5: *Sonnenaufgangszeiten, Sonnenuntergangszeiten*, Abb. 2.7: *Sonnenstand über dem Horizont*, Tab. 2.7: *Driftzeiten*, Tab. 2.8: *Außentemperaturen und Wetterlagen*). Zusätzlich zu den Routineaufgaben wurde Ende Juni von Vertretern des AWI eine Inventur des gesamten Stationsbereichs angefordert. Das Ergebnis sollte bis Ende Juli vorliegen. Diese sehr umfangreiche Arbeit wurde von den Überwinterern als "Beschäftigungstherapie" während der dunklen Monate empfunden. Ihre Ablehnung beruhte sicherlich mit darauf, daß sich ein nach innen gekehrter Rhythmus des Stationslebens eingespielt hatte, das durch eine Art winterlicher Trägheit gekennzeichnet war, die durch diese von außen kommende Forderung gestört wurde. Die Überwinterer befanden sich mit ihrer Reaktion allerdings in guter traditioneller Gesellschaft: Über die frühen Arktisforscher wurde in einigen Beispielen aufgezeigt, daß die polare Winterzeit nie eine Zeit der Aktivität war. (Fridtjof Nansen 1897; Lindhard 1913; zitiert von Simpson und Bohlen 1973). Im Übrigen lebt Stationspersonal in Antarktika im Winter

über längere Perioden mangels Tageslicht ausschließlich mit künstlichem Licht (von Stärken bis maximal 500 Lux). Dies kann häufiger neben einer Reduktion von Slow-Wave-Sleep-Phasen zu milder Depression und Apathie führen. (Edholm, Gunderson 1973; Paterson 1975). Durch das in dieser Jahreszeit besonders enge Zusammenleben im Stationsbereich und durch die Zunahme der Mußzeiten traten nun zwischen einzelnen Gruppenmitgliedern zum Teil heftige Konflikte auf. Infolgedessen kam es zu einer Polarisierung in der Mannschaft, die nie ganz überwunden wurde, so daß letztlich bis zum Ende der Überwinterung zwei Cliquen bestehen blieben. Eine Gruppe bestand aus drei Seeleuten und einem Wissenschaftler, die

Tab. 2.3 Die drei Phasen der "eigentlichen Überwinterung"
(24.2.1985 - 15.12.1985)

<p>Phase 1: Erste Aktivitätsphase</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Große Aktivitäten im Umfeld der Station wie z.B. <ul style="list-style-type: none"> * Trassenerkundungen auf dem Schelfeis * Aufbau einer meteorologischen Außenstation * Aufbau eines seismischen Arrays b) Betreiben der Observatorien und Labors (Geophysik, Meteorologie, Luftchemie) c) Versorgungsfahrten zu den Außeneinrichtungen d) Renovierung der Station <ul style="list-style-type: none"> * Wohncontainer * Messe, Küche u.a. e) Exkursionen auf das Schelfeis und an die Schelfeiskante <p>Phase 2: Winterphase</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Betreiben der Observatorien und Labors b) Versorgungsfahrten zu den Außeneinrichtungen c) Aufräumarbeiten in der Station d) Inventur in sämtlichen Stationsbereichen e) Zunahme der Ruhe- und Mußzeiten in der Station <p>Phase 3: Zweite Aktivitätsphase</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Betreiben der Observatorien und Labors b) Versorgungsfahrten zu den Außeneinrichtungen c) Aufbau eines weiteren seismischen Arrays d) Exkursionen auf das Meereis der Atka-Bucht: <ul style="list-style-type: none"> * Biologische Programme: <ol style="list-style-type: none"> 1. Observation und Markierung der Weddell-Robben 2. Observation der Kaiserpinguinkolonien 3. Kotproben- und Tierkadaversammlungen * Meereisobservation mit Meereisbohrungen e) Vorbereitung der Station und der Fahrzeuge auf die Sommerkampagne 1985/86
--

andere aus dem Rest der Überwinterungsmannschaft abgesehen von einem Wissenschaftler, der sich als extremer Einzelgänger entpuppte. Die Grenzen zwischen diesen Gruppen waren allerdings nicht starr.

In **Phase 3** nahmen die Aktivitäten im Außenbereich der Station wieder zu. Neben den Routinearbeiten im Stations- und Observatoriumsbereich wurden Erkundungen auf dem Ekström-Schelfeis und regelmäßig Exkursionen auf das Meereis der Atka-Bucht zur Meereis-observation und zur Beobachtung von Kaiserpinguinkolonien und Weddellrobben vorgenommen. Mit den Meereisexkursionen waren einzigartige Naturerlebnisse verbunden. Dem Abbau des seismischen Arrays auf dem Ice-Rise-Gebiet folgte der Wiederaufbau und Betrieb um ein Inlet des Schelfeises. (Siehe Abb. 2.2: *Detaillkarte Ekström-Schelfeis*).

Am Ende der dritten Phase stand die Vorbereitung für die Sommerkampagne 1985/86 im Vordergrund, wobei die Station und das Stationsumfeld als Basis für die Forschungsaktivitäten auf dem Ekström-Schelfeis und für eine Expedition in die Kottasberge hergerichtet wurden.

Die drei Phasen der "eigentlichen Überwinterung" fielen in etwa mit den Jahreszeiten Herbst (Phase 1), Winter (Phase 2) und Frühling (Phase 3) zusammen und erstreckten sich auf die Monate März bis Dezember 1985. (Siehe Tab. 2.4).

Die "eigentliche Überwinterung" der neun Überwinterer war am 15.12.1985 mit der Wiederankunft des "FS Polarstern" in der Atka-Bucht beendet.

Tab. 2.4 Die drei Phasen der "eigentlichen Überwinterung", Jahreszeiten

Phase 1	(Februar), März, April, Mai	Sommer-Herbst
Phase 2	(Mai), Juni, Juli, August	Herbst-Winter
Phase 3	September, Oktober, November, Dezember	Winter-Frühling

Die Sommerkampagne 1985/86 und die Abreise aus der Antarktis

In der Folge fand im Rahmen der Sommerkampagne 1985/86 ein umfangreiches Expeditions- und Forschungsprogramm auf dem Ekström-Schelfeis, in den Kottas-Bergen und auf dem Ronne-Filchner-Schelfeis statt. Da auch die Probanden der hier untersuchten Gruppe in dieses Programm eingebunden waren, mußte die der vorliegenden Untersuchung zugrundeliegende Datenerhebung bis Mitte Dezember 1985 abgeschlossen sein.

Die Sommerkampagne 1985/86 und damit auch der Aufenthalt der Überwinterer in der Antarktis wurde am 28.2.1986 mit der Abfahrt des "FS Polarstern" aus der Atka-Bucht beendet. Nach einer Seereise von 13 Tagen Dauer erreichte das Schiff den Hafen von Kapstadt in Südafrika.

2.2 Die Georg-von-Neumayer-Station, der Stationsalltag
 (Augstein 1984; AWI: Antarktisstationen der BRD, 1985;
 AWI: Die Antarktisstationen der BRD, 1985)

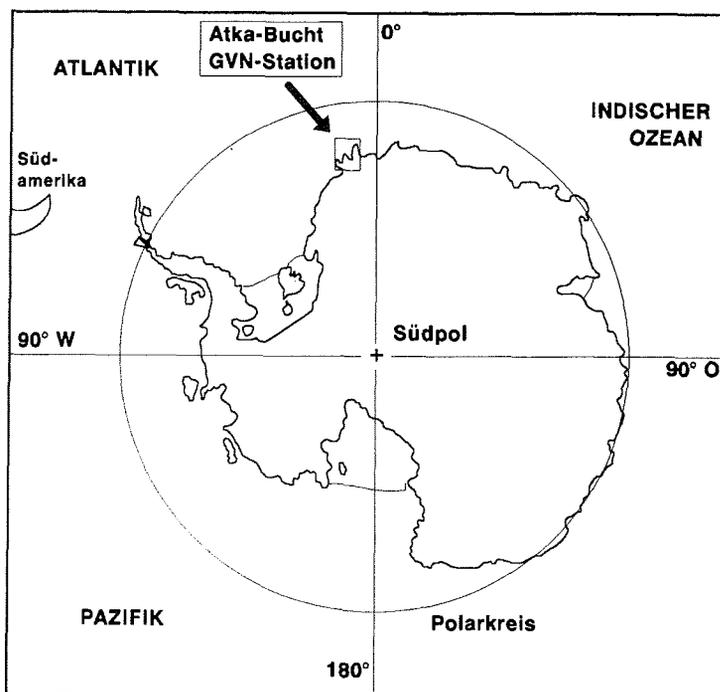
Die topographische Lage der Georg-von-Neumayer-Station

Die Georg-von-Neumayer-Station (GVN-Station) lag bei 70°37' südlicher Breite und 8°22' westlicher Länge am Rande des antarktischen Kontinents auf dem Ekström-Schelfeis. Sie wurde 1981 etwa 7 km westlich der Atka-Bucht erbaut. (Siehe Abb. 2.1: *Übersichtskarte Antarktis* und Abb. 2.2: *Detailkarte Ekström-Schelfeis*).

Das Ekström-Schelfeis schwimmt auf dem antarktischen Schelfmeer und besaß im Gebiet der Station eine Mächtigkeit von ca. 200 Metern. Das Schelfeis bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von 160 m/a in nordnordöstlicher Richtung.

Die Umgebung der Station war nahezu eben. Die Eisoberfläche stieg in südlicher Richtung leicht an. An der Atka-Bucht ragte die Schelfeiskante ca. 10 Meter über das Meer auf. Hier

Abb. 2.1
 Übersichtskarte
 Antarktis
 Lage der Atka-Bucht
 und der GVN-
 Station
 (70°37' S, 8°22' W)

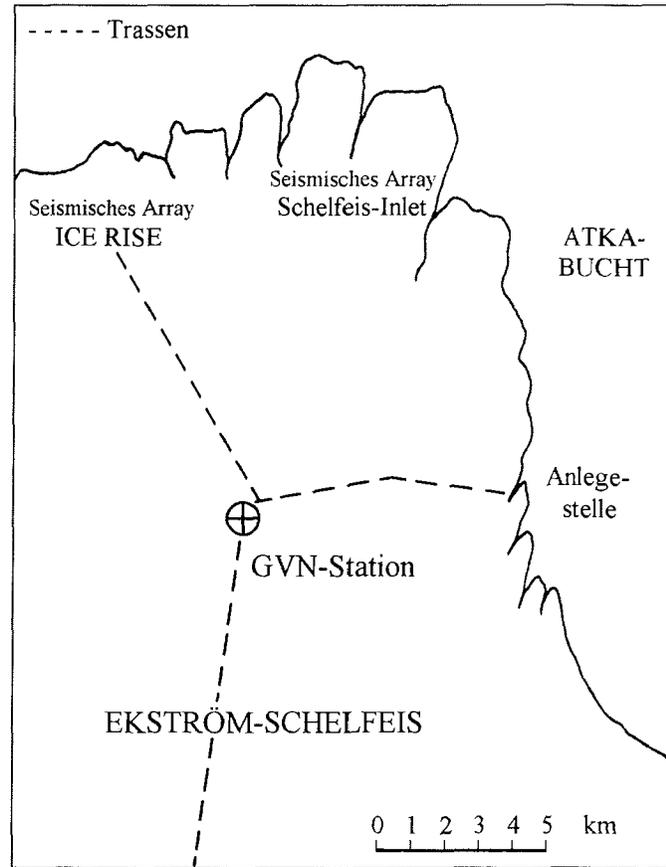


Nach:
 Südpolargebiet,
 Dierke Weltatlas
 Georg Westermann
 Verlag

Abb. 2.2
 Detailkarte
 Ekström-Schelfeis

Lage der GVN-Station
 (70°37' S, 8°22' W)

Grundlage:
 Luftbildkarte
 der GVN-Station
 (IfAG 1984),
 Antarktis Expedition
 1983/84,
 Kartenabbildung:
 Konforme konische
 Abbildung,
 Bezugsbreite:
 70°35' Süd

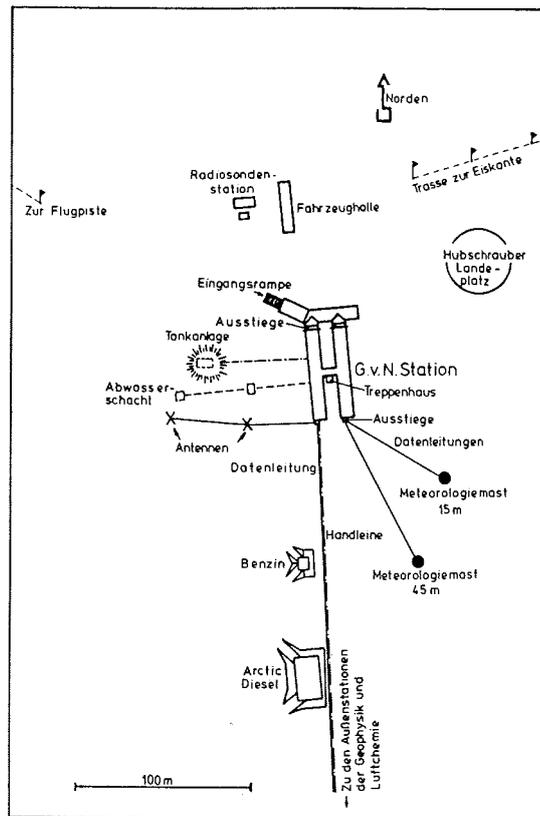


konnten an einer günstigen Stelle im westlichen Teil der Bucht Versorgungsschiffe entladen werden. Aus logistischen Gründen befand sich nahe an dieser Kante ein Brennstoffdepot, das aus Fässern mit Arctic-Diesel bestand. (Siehe Abb. 2.2: *Detailkarte Ekström-Schelfeis*).

Die bauliche Struktur der Station

Die GVN-Station umfaßte ein Hauptgebäude und mehrere Außenanlagen für Versorgungsgüter, Fahrzeuge und Treib- bzw. Brennstoff. Transportable Wohnschlitten waren für einen Notfall mit lebensnotwendigem Material für einen längeren Zeitraum ausgerüstet. In westlicher Richtung war eine 900 Meter lange mit Tonnen markierte Schneepiste als Landebahn für Flugzeuge angelegt. Ostonordöstlich befand sich in den Sommermonaten der Hubschrauberlandeplatz. (Siehe Abb. 2.3: *Lageplan der GVN-Station ...*).

Abb. 2.3
Lageplan der GVN-Station
und ihrer
Außeneinrichtungen



Quelle:
Antarktisstationen
der BRD,
AWI,
Bremerhaven 1985

Das Hauptgebäude bestand aus zwei parallel im Eis liegenden 50 Meter langen Stahlröhren von je 6,7 Metern Höhe und 7,7 Metern Breite, die durch eine kleinere Querröhre und am nördlichen Ende durch einen quer verlaufenden Stahltunnel verbunden waren. An den Stahltunnel war eine abdeckbare Rampe angeschlossen, die zur Eisoberfläche führte und von Fahrzeugen befahren werden konnte. (Siehe Abb. 2.4: *Die GVN-Station, Inneneinrichtungen*).

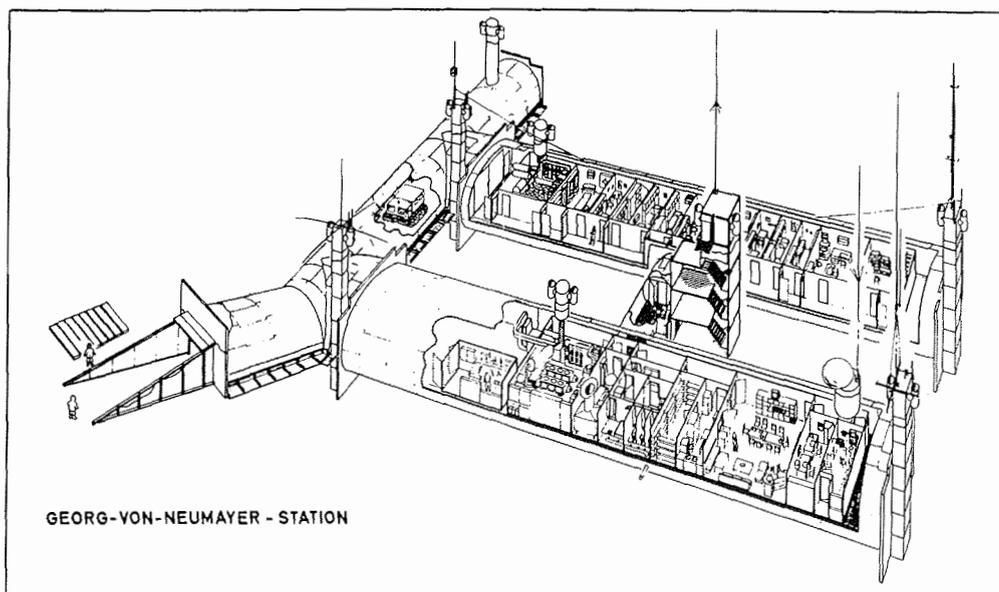
Über dem First der Stationsröhren lag 1985 eine ca. 2,5 Meter starke Schneeschicht, so daß lediglich Abluftschächte, Notausstiegs- und Belüftungsschächte sowie ein Treppenturm und ein Schacht mit einer Antenne für Satellitenkommunikation (MARISAT) über die Schneeoberfläche ragten.

In den Stahlröhren standen 31 aneinandergeschlossene Isonorm-Container (20-Fuß-Container). Die Container jeder Röhre waren innen durch einen längs verlaufenden Gang miteinander verbunden. In der westlich gelegenen Röhre waren vom Süden beginnend die Funkstation, das Verwaltungsbüro, Messe und Küche gefolgt von Waschraum, Toiletten und Schneeschmelzanlage untergebracht. Es schlossen eine Kraftstation mit zwei Dieselgeneratoren von jeweils 75 kVA und eine Werkstatt an. In der östlichen Röhre lagen das meteorologische und

geophysikalische Laboratorium, neun Schlaf- bzw. Wohnräume, ein Materiallagerraum, das Hospital und die zweite Kraftzentrale mit wiederum zwei Dieseldieseln, die mit der baugleichen ersten Kraftstation gleichzeitig oder im Wechsel betrieben werden konnte. (Siehe Abb. 2.4: *Die GVN-Station, Inneneinrichtungen*).

Die Generatoren wurden mit Arctic-Diesel gespeist, das außerhalb der Station auf dem Eis in Blasketanks gelagert war. Mit der Abwärme der Generatoren wurde die Station beheizt. Das Wasser für den täglichen Bedarf wurde aus Schnee gewonnen, der von der Schneeoberfläche durch einen Schacht in die Schneeschmelzanlage geworfen werden mußte. Die Anlage hatte eine Stundenleistung von ca. 100 l Wasser.

Abb. 2.4 Die GVN-Station, Inneneinrichtungen
(Aus: Antarktisstationen der BRD, AWI 1985)



Die Sicherheit in der Station wurde durch aktiven und passiven Brandschutz (Verwendung schwer entflammaren Baumaterials, Rauchmelder, Halonlöschanlage, tragbare Feuerlöcher), Notausstiege, einen Notsender und im Außenbereich durch eine Überlebensinsel bestehend aus drei transportablen Wohnschlitten gewährleistet. Vorräte an Lebensmitteln, Brennstoffen, Medikamenten und Ersatzteilen waren für eine Zeit von zwei Jahren ausgelegt in der Station vorhanden, so daß im Notfall Überlebenschancen bestanden.

Die Funktionen der Station

Die damalige GVN-Station war eine ganzjährig betriebene Forschungsstation der Bundesrepublik Deutschland. Neben dem Observatoriumsbetrieb diente sie in den Sommermonaten als logistische Basis für Feldkampagnen auf dem Ekström-Schelfeis oder in den Bergen Neuschwabenlands.

Das Observatorium war geophysikalisch und meteorologisch ausgerichtet. Circa 1 km südlich der Station lagen zwei geophysikalische Außenstationen, in denen Seismographen, Magnetometer und Gezeitengravimeter aufgestellt waren. Während der Überwinterung 1985/86 wurde auf einem Ice-Rise-Gebiet und um ein Schelfeis inlet im Norden der Station ein telemetrisches seismisches Array aufgebaut und betrieben. (Siehe Abb. 2.2: *Detailkarte Ekström-Schelfeis*).

Die atmosphärischen Wissenschaften umfaßten die Meteorologie mit einer Radiosondenanlage und zwei Wettermasten (15 und 45 Meter hoch), die Luftchemie mit einem transportablen Labor, das 1985/86 ca. 1,5 km südlich der GVN-Station stand, sowie einer Registruranlage für die Weltgewitteraktivitäten. 1985/86 wurde außerdem von den Überwinterern 40 km südlich der GVN-Station eine kleine Wetterwarte errichtet, die zeitweise bemannt betrieben wurde. Schneeprobensammlungen fanden regelmäßig statt.

Die erhobenen Daten wurden in der Rechenanlage der GVN-Station gespeichert und zum Teil schon dort ausgewertet. Die meteorologischen Daten (Radiosonden- und Bodenwerte) wurden dem Deutschen Wetterdienst übermittelt, in das weltweite Datennetz (GTS) eingegeben und anderen Antarktisstationen über Funk zur Verfügung gestellt, soweit dies möglich war.

Die Regelung des Stationsbetriebes durch die Stationsordnung

Das Leben in der Station richtete sich nach der Stationsordnung. (Stationsordnung der GVN-Station, Fassung Oktober 1984). Der Stationsleiter war dem Alfred-Wegener-Institut unterstellt und der Betriebsmannschaft und den Wissenschaftlern gegenüber weisungsbefugt. Anlehnend an das Seemannsgesetz sollten alle in der Station anwesenden Personen vertrauensvoll und unter gegenseitiger Rücksichtnahme zusammenarbeiten, um den Stationsbetrieb zu fördern sowie Ordnung und Sicherheit in der Station zu erhalten.

Diese Prämisse erwies sich im Laufe des Jahres als nicht immer leicht einzuhalten. Die Führung der Mannschaft erforderte viel Fingerspitzengefühl, da oft unterschiedliche Vorstellungen der Überwinterer aufgrund ihrer sehr verschiedenen Charaktere aufeinanderstießen. Nicht immer ließen sich in Konfliktsituationen für alle akzeptable Kompromisse finden.

Die Stationszeit

Die Tageszeit in der Station entsprach der Greenwich Medium Time (GMT). Diese Zeit galt während des ganzen Jahres. Es wurde nicht auf Sommerzeit umgestellt und damit ergab sich keine Konsequenz für das Schlaf-Wach-Verhalten oder z.B. die Circadianperiodik der Körpertemperatur. (Schmidt u.a. 1982; Monk und Folkart 1976; Monk und Aplin 1980).

Im Vergleich mit der mitteleuropäischen Zeit trat somit eine Stunde Zeitverzögerung auf. Bezogen auf die mitteleuropäische Sommerzeit bestand eine Zeitverzögerung von zwei Stunden.

Wegen der westlichen Lage der Station ($8^{\circ}22'$ westl. Länge) war der Zeitpunkt des oberen Kulminationspunktes der Sonne gegenüber der Stationszeit um 33 Minuten 28 Sekunden verschoben. Die Sonne stand um 12.33 Uhr Stationszeit (GMT) im Zenit.

Tages- und Arbeitsablauf

Der Tagesablauf wurde zum einen durch terminlich feststehende Arbeiten (z.B. Übermittlungen von meteorologischen Daten per Funk nach Deutschland oder innerantarktisch) und zum anderen durch festgelegte Essenszeiten (Frühstück: 8.00 - 10.00 Uhr, Mittagessen: 12.00 bzw. 12.30 Uhr, Abendbrot: 18.00 Uhr) determiniert. (Vergl. Kapitel 5.1.2: *Essenszeiten*; Aschoff 1978b: Essenszeiten als soziale Zeitgeber).

Zwischen 22.00 und 6.00 Uhr sollte nach Möglichkeit nicht gearbeitet werden, was praktisch bedeutete, daß in dieser Zeitspanne keine Arbeiten in der Station erledigt werden durften, die zu einer Störung der übrigen Überwinterer durch Lärmbelästigung führen konnten.

Davon abgesehen hatte jeder Stationsbewohner einen erheblichen Dispositionsspielraum im Hinblick auf die tageszeitliche Lage und Dauer seiner Arbeitszeit. (Siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*). Diese Regelung trug den individuellen Bedürfnissen weitgehend Rechnung und dürfte insofern von besonderer Bedeutung gewesen sein, als damit eine Belastung der Überwinterer durch eine starre Arbeitszeitregelung vermieden werden konnte. (Arbeitszeitmodelle: Knauth 1983; Belastungs-Beanspruchungs-Konzept: Rohmert und Rutenfranz 1975; Rutenfranz und Knauth 1981). Insbesondere in Hinsicht auf Sicherheitsaspekte in der Antarktis dürfte diese Regelung wichtig gewesen sein. (Carter und Corlett 1982; Knauth 1983).

Außerdem wäre ein strengeres Reglement widersinnig gewesen, da in der relativ kleinen Überwinterungsgruppe ein jeder in seinem Verantwortungsbereich selbständig arbeiten sollte.

Zu den allgemeinen Aufgaben, die vom gesamten Stationspersonal nach Wechselplan wahrgenommen wurden, gehörten Arbeiten wie das tägliche Reinigen der Aufenthalts- und Funktionsräume, die Säuberung der Sanitäreinrichtungen, die Abfallbeseitigung und das Auffüllen der Schnee-

schmelze. Bei Bedarf mußten Betriebsstoffe bereitgestellt, die Eingänge von Schnee und Eis freigehalten und Sicherheitseinrichtungen (z.B. Handleinen und andere Markierungen) instandgehalten werden.

Die wissenschaftlichen Arbeiten ergaben sich aus dem Betrieb der Observatorien. Darüber hinaus gab es noch spezielle Arbeiten, die nicht den Stations- oder Observatoriumsbetrieb betrafen wie z.B. die Durchführung verschiedener wissenschaftlicher Projekte in Eigeninitiative der Wissenschaftler. (Siehe oben).

Freizeit

Die Freizeit konnte jeder Überwinterer ganz nach seinen Neigungen im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten verbringen. Wer sich zurückziehen wollte, was in der Winterzeit häufiger vorkam, konnte in seinem Wohncontainer, in einem Wohnschlitten oder in der Weite der Eiswelt ungestört sein. Im allgemeinen wurden jedoch die Abende gesellig verbracht. Dabei erfüllten die abendlichen Treffen eine äußerst wichtige Funktion im sozialen Leben der Überwinterer.

Die Überwinterer trafen sich gegen 20.00 Uhr in der Messe, die dann als Kommunikationszentrum diente. In der Messe waren neben einem Eßtisch und einer bequemen Sitzecke eine umfangreiche Bibliothek, eine Spielesammlung, eine Stereophonie- sowie eine Videoanlage vorhanden, sodaß hier nicht nur gegessen sondern auch diskutiert, Musik gehört, gelesen, gefeiert, gespielt oder ein Videofilm gesehen werden konnte.

Zur körperlichen Ertüchtigung standen Fitnessgeräte, eine Tischtennisplatte und eine Sauna zur Verfügung.

Besonders beliebt waren die ab August durchführbaren Exkursionen auf das Meereis, wobei die Observation der Kaiserpinguinkolonien und der Weddellrobben mit Eisbergbesteigungen und ähnlichen Unternehmungen auf dem Eis verbunden werden konnten, sodaß diese Arbeiten vom Erlebniswert her gesehen durchaus freizeithchen Charakter annehmen konnten.

2.3 Belastungen durch die soziale Isolation

In der GVN-Station waren die Arbeits- und Wohnbereiche nicht deutlich voneinander getrennt. Man lebte und arbeitete an ein und demselben Ort. Von Vorteil war die fehlende Wegezeit zur Arbeitsstätte, wenn man von den zum Teil beschwerlichen Fahrten zur Versorgung der Telemetriestationen, der externen Wetterwarte oder den mühsamen Fußmärschen zu den geophysikalischen Observatorien oder der sogenannten "Spurenstoffschachtel" (transportables Labor für die Luftchemie) bei ungünstigem Wetter absieht.

Durch die örtliche Verbindung von Arbeitsplatz und Wohnort sowie durch die weitgehende Dispositionsfreiheit in Bezug auf die Arbeitszeit- und Freizeitgestaltung blieb die physische und psychische Erholung vollkommen in den Alltag der Station eingewoben. Der Wert der Freizeit wurde dadurch eingeschränkt, daß Freizeit im Prinzip arbeitsfreie Zeit mit der Möglichkeit, daß jederzeit im Not- oder Bedarfsfall zusätzliche Arbeiten zur Aufrechterhaltung des "Betriebs-systems Überwinterungsstation" durchzuführen waren, bedeutete. Die Bereitschaft eines jeden wurde hierfür vorausgesetzt und war ausdrücklich arbeitsvertraglich festgeschrieben.

Auch an Wochenenden und Feiertagen wurden die Observatorien ebenso wie der technische Stationsbereich durchgehend betrieben. Insbesondere fand an den Wochenenden die Korrespondenz mit dem Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven statt.

In Untersuchungen zur Schichtarbeit wird Freizeit am Wochenende höherwertig eingeschätzt als Freizeit in der Woche. Das liegt an dem besonderen Angebot von Geselligkeiten und kulturellen Angeboten an Wochenenden. (Banks 1956; Neuloh u.a. 1961; Chadwick-Jones 1967; Hak und Boelsma 1979; Maasen 1980; Rutenfranz u.a. 1980; Baer u.a. 1981; Wedderburn 1981; Knauth 1983). In der Antarktis war demgegenüber die Attraktivität der Wochenenden durch den Mangel an kulturellen Angeboten eher gering. Eine gewisse Besonderheit der Wochenenden mußte und konnte nur durch das Verhalten der Überwinterer selbst hervorgebracht werden.

Als besonders belastend dürfte zu bewerten sein, daß der Dauereinsatz der Überwinterer absehbar über einen Zeitraum von ca. 14 Monaten, ohne eine Möglichkeit abgelöst werden zu können, laufen mußte. (Colquhoun 1985: "Living on the job"; Rutenfranz u.a. 1976; Klimmer u.a. 1984: "arbeitsgebundene Zeit").

Außerhalb der Überwinterungsmannschaft liegende soziale Kontakte waren, sieht man von Telex- oder Telefoniekontakten wie z.B. zu Familienangehörigen, Freunden und Bekannten in der Heimat ab, nicht wahrzunehmen. Eine gewisse Anpassung an die Gruppe war also nötig, damit man nicht völlig isoliert wurde.

Die Anpassungsfähigkeit und -bereitschaft war bei den einzelnen Überwinterern recht unterschiedlich ausgeprägt und zeitweise traten Polarisierungen in der Gruppe in Erscheinung, die zum Teil durch die berufliche und altersmäßige Zusammensetzung (vier Seeleute, vier Wissenschaftler, ein Arzt, der als Leiter der Mannschaft mehr oder weniger zwischen den Interessengruppen stehen mußte; vergl. auch Tabelle 2.1: *Altersverteilung der Überwinterer*) vorgezeichnet waren. Hier spielten individuelle Unterschiede in der Persönlichkeitsstruktur und damit auch in der Einstellung zur Arbeit und zum Leben in der Antarktis eine Rolle. Es zeigte sich, wie wichtig in erster Linie Toleranz und Kompromißfähigkeit der Überwinterungsmitglieder zur Bewältigung der langen Isolation sind.

Der weitere soziale Bereich (Veranstaltungen, Weiterbildung, Politik, Kultur, Sport) war ebenso wie die persönlichen Kontakte nach Deutschland fast auf Null reduziert.

Interessanterweise nahm bei den Überwinterern das Interesse an Nachrichten aus aller Welt im Laufe des Jahres zunehmend ab, was ein Zeichen dafür gewesen sein mag, wie sehr sich das Leben in der Station im Laufe der Zeit nach innen orientierte.

In Untersuchungen zur Schichtarbeit wird darauf hingewiesen, daß Störungen des sozialen Lebens im familiären Bereich, im Freundes- und Bekanntenkreis sowie auch im weiteren sozialen Bereich als besonders wichtige Beanspruchungen zu betrachten sind. (Wyatt und Marriott 1953; Banks 1956; Lersch und Ulich 1958; Blakelock 1960; Mann und Hoffman 1960; Banning u.a. 1961; Godart u.a. 1963; Neuloh 1964; Ulrich 1964; Maurice und Monteil 1965; Mott u.a. 1965; Chadwick-Jones 1967; Villiger 1967; De la Mare und Walker 1968; Nachreiner u.a. 1975; Nachreiner und Rutenfranz, 1975; Tasto u.a. 1978; Haider u.a. 1979; Hak und Boelsma 1979; Bunnage 1980; Maasen 1980; Rutenfranz u.a. 1980; Diekmann u.a. 1981; Gordon u.a. 1981; Diekmann u.a. 1983; Knauth, 1983).

Ich erlaube mir die Aufstellung der These, daß aus einem fast vollständigen Erliegen der gewohnten sozialen Kontakte, wie es bei einem Aufenthalt über längere Zeit in der Antarktis unumgänglich ist, ebenfalls eine wichtige Beanspruchung erwachsen muß. Der Unterschied zur Beanspruchung eines Schichtarbeiters liegt darin, daß dieser täglich mit den Möglichkeiten seiner Umwelt im familiären Bereich, im Freundes- und Bekanntenkreis sowie im weiteren sozialen Bereich konfrontiert wird, wenn er auch aus Gründen der Arbeitszeitorganisation nicht diese Angebote voll nutzen kann. Der Schichtarbeiter lebt praktisch in *zwei Zeitordnungen*.

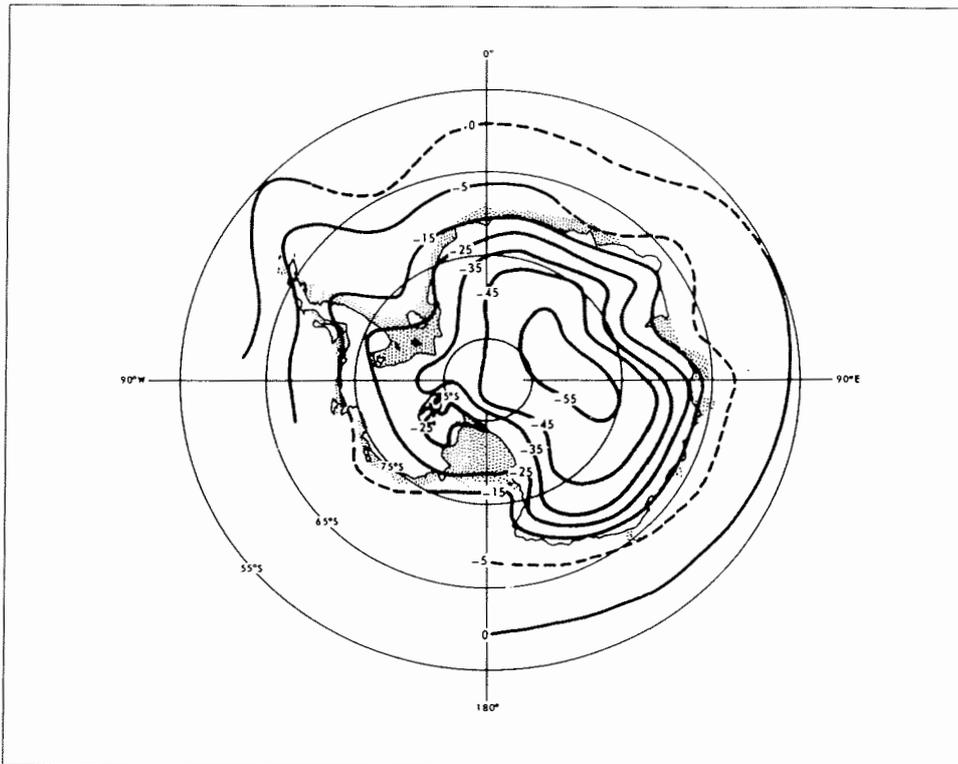
In der Antarktis oder entsprechender Isolation rücken die Möglichkeiten der gewohnten sozialen Kontakte mit fortschreitender Zeit zunehmend aus dem Gesichtsfeld der Betroffenen. Der überaus größte Teil des Lebens mußte sich bei den Überwinterern im "Mikrokosmos Überwinterungsstation" abspielen. Es entfällt die ständige praktische Auseinandersetzung mit den gewohnten sozialen Bindungen, unter der ein Schichtarbeiter leidet. Der Überwinterer lebt in nur *einer Zeitordnung*. Die Belastungen, die aus seiner sozialen Isolation entstehen, haben eine andere Qualität: Jedem einzelnen Überwinterer dürfte klar gewesen sein, daß sich seine wichtigen Beziehungen zu Menschen in der Heimat bedingt durch die lange Trennung verändern mußten. Dieses Wissen, das vielleicht nur undeutlich erahnt und/oder verdrängt wurde, dürfte Rückwirkungen auf die Überwinterer gehabt und zu inneren Belastungen geführt haben.

2.4 Das antarktische Klima

Die Lufttemperatur

Auf dem Ekström-Schelfeis waren die Überwinterer infolge der Nähe zum Meer einem für antarktische Verhältnisse relativ gemäßigten Klima ausgesetzt. Im Sommer schwankten die

Abb. 2.5 Linien gleicher Jahresmitteltemperatur
(Nach Rubin [1973] in Kohnen, 1981)



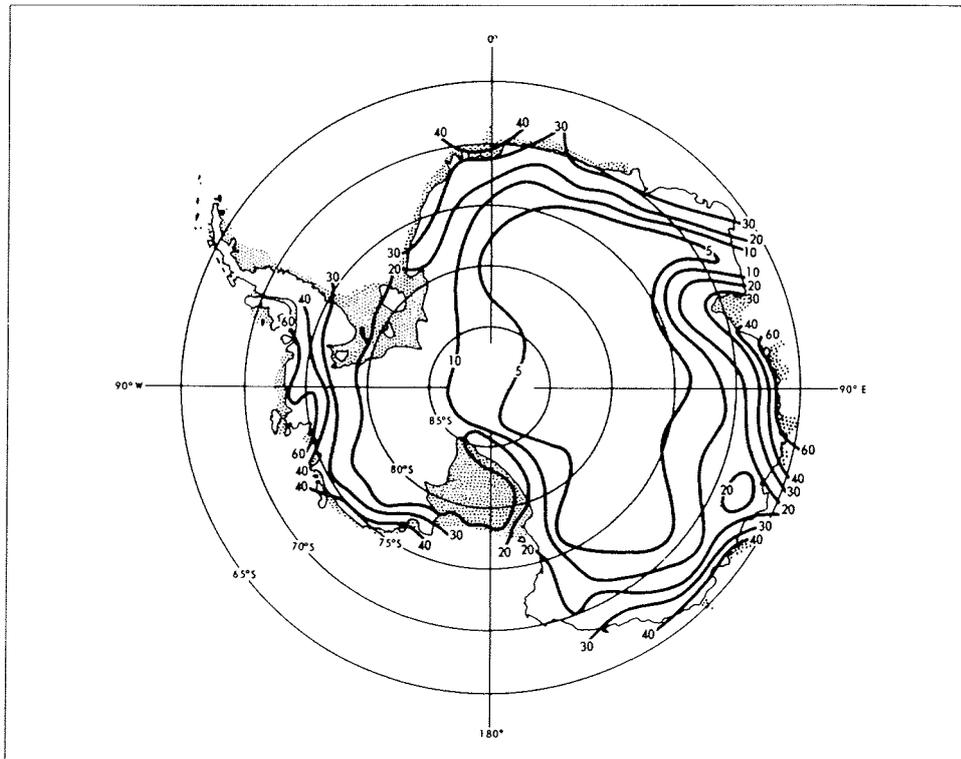
Temperaturen zwischen dem Gefrierpunkt und -20° Celsius. Die tiefste während der Überwinterung 1985/86 an der GVN-Station gemessene Temperatur betrug $-42,9^{\circ}$ Celsius. (Siehe Tab. 2.8). Nach Rubin herrscht auf dem Ekström-Schelfeis eine Jahresmitteltemperatur von -15° Celsius. (Siehe Abb. 2.5).

Die Luftbewegungen

In der Antarktis führen stärkste katabatische Winde (kalte Fallwinde), die vom Inneren des Kontinents abfließen, zu enormen Windgeschwindigkeiten. Durch das Zusammentreffen dieser Luftmassen mit wärmeren Luftmassen über den Antarktika umgebenden Meeren wird ein Sturmgürtel um den Kontinent aufgebaut, dessen Sturmtiefs in westöstlicher Richtung ziehen. Die Windrichtung in den einzelnen Tiefdruckgebieten entspricht dem Uhrzeigersinn.

Auch während der Überwinterung 1985/86 herrschten auf dem Ekström-Schelfeis, da die Zentren der Tiefdruckzonen in der Regel nördlich vorüberzogen, hauptsächlich Winde aus östlicher Richtung vor. Mit den Luftbewegungen waren Schneedriften oder Schneestürme verbunden, die nicht selten Geschwindigkeiten bis zu 120 km/h und mehr erreichten. (Orvig 1970; siehe Tab. 2.7 und Tab. 2.8).

Abb. 2.6 Linien gleichen jährlichen Schneezutrag
(Nach Giovinetto [1964] in Kohnen, 1981)



Die Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmengen (Schneezutrag)

Die in der Luft möglichen Maximalwerte von absoluter Feuchtigkeit und Wasserdampfdruck hängen von der Lufttemperatur ab. Wegen der niedrigen Temperaturen in der Antarktis ist der Luftfeuchtigkeitsgehalt dort ausgesprochen gering. Der Sättigungsdampfdruck beträgt z.B. bei 0° Celsius Lufttemperatur nur 6,11 mbar. (Zum Vergleich: 19,37 mbar bei 17° C; Geigy, Wissenschaftliche Tabellen 1969).

Der mittlere Niederschlag in der gesamten Antarktis beträgt 14 bis 17 Gramm pro Quadrat-zentimeter und Jahr und nur etwa 10 Gramm pro Quadratzentimeter und Jahr fallen auf etwa die Hälfte des antarktischen Kontinents. (Orvig 1970; Kohnen 1981). Das entspricht ungefähr den Niederschlagsmengen in der Sahara. Man spricht deshalb auch von einem "polaren Wüstenklima".

In Abbildung 2.6 sieht man, daß in den Randlagen Antarktikas höhere Niederschlagsmengen als in der zentralen Ostantarktis anfallen. Für das Ekström-Schelfeis bedeutete das einen Schneezutrag in Höhe von bis zu 50 cm pro Jahr. Im unmittelbaren Bereich der Station kam es jedoch zu meterhohen Schneewehen, die regelmäßig planiert werden mußten, damit der Zutrag nicht überhand nahm.

Tab. 2.5 Sonnenaufgangszeiten, Sonnenuntergangszeiten, Mondphasen
an den Tagen der vorliegenden Untersuchung im Laufe des Jahres 1985
(Uhrzeit: Stationszeit = GMT)

Monat	Sonnenaufgang	Sonnenuntergang	Mondphase	
Januar	---	Polartag	---	letztes Viertel
Februar	ca. 3.30 Uhr	ca. 21.30 Uhr		letztes Viertel
März	ca. 5.00 Uhr	ca. 20.00 Uhr		letztes Viertel
April	ca. 8.30 Uhr	ca. 16.30 Uhr		letztes Viertel
Mai	11.15 Uhr	13.45 Uhr		Neumond
Juni	---	Polarnacht	---	Neumond
Juli	---	Polarnacht	---	Neumond
August	ca. 10.00 Uhr	ca. 15.00 Uhr		Neumond
September	ca. 7.00 Uhr	ca. 18.00 Uhr		Neumond
Oktober	ca. 5.00 Uhr	ca. 20.00 Uhr		Neumond
November	1.30 Uhr	23.30 Uhr		Neumond
Dezember	---	Polartag	---	Neumond

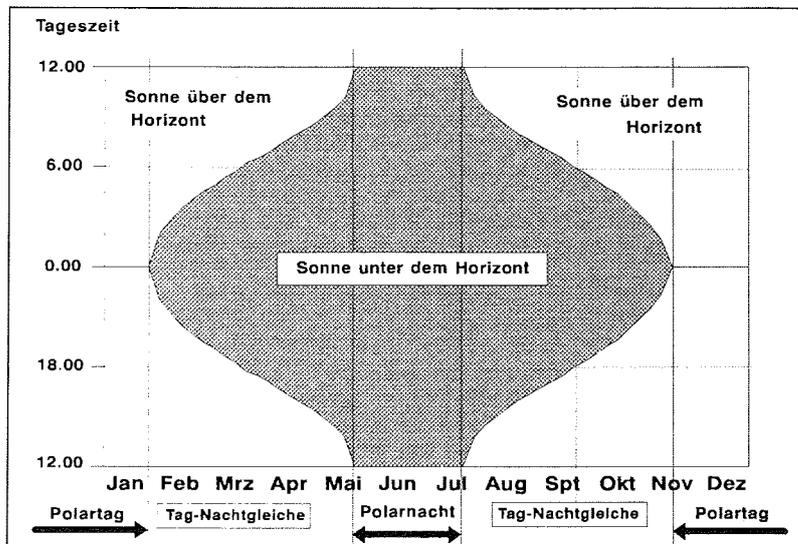
Die in Tabelle 2.5 wiedergegebenen Daten entsprechen Aufzeichnungen der Probanden. Die Mondphasen sind vergleichbar.

Die Tageshelligkeitsdauer

Die Lage der GVN-Station auf dem Ekström-Schelfeis war mit einer südlichen Breite von $70^{\circ}37'$ vermessen. (Siehe Abb. 2.2: *Detailkarte Ekström-Schelfeis*). Sie lag damit polwärts des Polarkreises.

Für die Tageslichtverhältnisse bedeutete dies, daß die Sonne bis Ende Januar 24 Stunden über dem Horizont stand. Auch im Februar waren die Tage lange hell. Da in den Monaten Januar und Februar überwiegend gute Wetterverhältnisse vorherrschten, war mit dem Sonnenstand auch meistens Sonnenschein verbunden. In der 2. Hälfte des Monats März bestand Tag- und Nachtgleiche und ab Ende Mai bis Ende Juli erschien die Sonne nicht über dem Horizont. In der Polarnacht schrumpfte die Helligkeitsdauer je nach Datum auf eine mehr oder weniger kurze und helle Zeit der Dämmerung um die Mittagszeit zusammen. In der 2. Septemberhälfte kam es wieder zur Tag- und Nachtgleiche und schließlich stand ab Mitte November (bis Ende Januar) die Sonne 24 Stunden über dem Horizont. (Siehe Tab. 2.5 sowie Abb. 2.7).

Abb. 2.7 Sonnenstand über dem Horizont für einen Ort 70° südlicher Breite, Januar bis Dezember



Legende zur Abbildung 2.7: Die Sonne steht für einen Ort 70° südlicher Breite (das entspricht in etwa der Lage der GVN-Station bei $70^{\circ} 37' S$) bis Ende Januar 24 Stunden über dem Horizont. Tag- und Nachtgleiche bestehen in der zweiten Hälfte des Monats März. Ab Ende Mai bis Ende Juli erscheint die Sonne nicht über dem Horizont. In der zweiten Hälfte des Monats September bestehen wieder Tag- und Nachtgleiche und ab Mitte November (bis Ende Januar) steht die Sonne nochmals 24 Stunden über dem Horizont.

2.5 Belastungen durch das antarktische Klima

Thermoregulation und klimatische Einflüsse

Für die Beurteilung klimatischer Belastungen gilt ebenso wie für die Wärmebilanz des menschlichen Körpers und die Aufrechterhaltung seiner Körpertemperatur, daß die "thermische Gesamtsituation", in der sich ein Mensch befindet, berücksichtigt werden muß.

Die für den Menschen bedeutenden Einflußgrößen, die in die "thermische Gesamtsituation" eingehen, werden in Tabelle 2.6 aufgeführt. Klimatische Einflußgrößen sind die Lufttemperatur, die Luftbewegung, der Wasserdampfdruck der Umgebungsluft und die Strahlungstemperatur der Umgebung. Nichtklimatische Einflußgrößen ergeben sich aus körperlicher Arbeit und dem thermischen Widerstand der Bekleidung.

Neben den in Tabelle 2.6 gezeigten Punkten ist der Wärmeaustausch auch von der Hauttemperatur und der Hautfeuchte abhängig.

Tab. 2.6 Für den Menschen wesentliche thermische Einflußgrößen
(Aus Wenzel, Piekarski 1982)

<p>Klimatische Einflußgrößen:</p> <ul style="list-style-type: none">* Temperatur }* Bewegung } der Umgebungsluft* Wasserdampfdruck }* Strahlungstemperatur der Umgebung <p>Nicht-klimatische Einflußgrößen:</p> <ul style="list-style-type: none">* Körperliche Tätigkeit (Wärmebildung im Körper)* Thermischer Widerstand der Bekleidung

Der Mensch als homoiothermes Lebewesen ist auf eine weitgehend gleichbleibende Temperatur in seinem Körperkern angewiesen.

Aufgrund komplexer Regulationsmechanismen (siehe Kapitel 3.2: *Körperkerntemperatur: die "Referenzvariable" der physiologischen Rhythmen*) ist der menschliche Organismus in der Lage, die Körperkerntemperatur unterschiedlichen thermischen Einflußgrößen gegenüber in engen Grenzen konstant zu halten.

Wärmegewinn und Wärmeverlust werden dabei im Sinne einer ausgeglichenen Wärmebilanz aufeinander abgestimmt. Sowohl die Wärmeproduktion als auch die Wärmeabgabe können großen Variationen unterliegen. Die Spanne der Wärmebildung beim erwachsenen Durch-

schnittsmenschen reicht vom Grundumsatz (6900 kJ/Tag) bis zum Mehrfachen des Ruhewertes bei körperlicher Tätigkeit. Das Ausmaß der Wärmeabgabe hängt in besonderem Maße von den Klimabedingungen der Umgebung und von der Bekleidung ab.

Ein kleiner Teil der Körperwärme wird mit der Atemluft (Wasserdampf und Kohlensäure) an die Umgebung abgegeben. Der wesentliche Anteil der Körperwärme wird mit dem Blut in die Gefäße der Haut transportiert, wo sie durch Leitung und Konvektion an die Luft übertragen wird. Ferner spielt die Infrarotstrahlung und die Wasserverdunstung bei der Körperwärmeabgabe eine Rolle. Leitung und Konvektion sind von der Größe der Luftbewegung und der Lufttemperatur abhängig, die Wasserverdunstung hängt von der Größe der Luftbewegung und der Luftfeuchtigkeit (und damit auch von der Lufttemperatur) ab. Die Infrarotstrahlung des Körpers wird durch die Strahlungstemperatur der Umgebung (z.B. Sonne, Glut) beeinflusst. (Wenzel, Piekarski 1982).

Bei Kältebelastung durch die Umgebungstemperatur und durch Luftbewegung antwortet der Körper mit einer erhöhten Wärmebildung durch exotherme biochemische Reaktionen in den inneren Organen und der Skelettmuskulatur, die durchschnittlich den 6-fachen Betrag des Ruhewertes erreichen kann. (6900 kJ/Tag = Grundumsatz). Auslösend für die Wärmebildung wirkt die Hautkälte und eine geringe Absenkung der Körperkerntemperatur über Thermo-rezeptoren der Haut und des Rückenmarks.

Die Wärmeproduktion steigt mit wachsender Kältebelastung, wobei jedoch das damit verbundene Kältezittern nicht sehr ökonomisch ist, da mit ihm zusätzlich konvektive Wärmeverluste gesteigert werden. Außerdem wird die Willkürmotorik durch das Kältezittern beeinträchtigt. Unterhalb von -20° bis -30° Celsius Umgebungstemperatur wird es problematisch, das thermische Gleichgewicht des Körpers aufrechtzuerhalten. (Behmann 1960; Forsthaus 1979). Insbesondere ist es schwierig, Hände und Füße zu schützen. (Wenzel, Piekarski 1982; Forsthaus 1979; van Dilla u.a. 1968). Mit der Abkühlung der Hände ist eine Abnahme der manuellen Geschicklichkeit in Bezug auf Beweglichkeit und Sensibilität verbunden. (Kay 1949). In der Kälte können sowohl das Beobachtungs- als auch das Reaktionsvermögen bzw. die Wachsamkeit reduziert sein. (Poulton u.a. 1965).

Bei extremer Kälteexposition kann die exotherme Wärmebildung den 20-fachen Wert des Ruhewertes erreichen. Es kann dabei bis zur totalen Erschöpfung des Organismus kommen. (Wenzel, Piekarski 1982; Kahle, Burchard 1984).

Wärmeverluste kann der Körper durch eine Verminderung der Durchblutung der Haut und der Gewebe der Extremitäten einschränken. Durch die Drosselung der Durchblutung der Körperschale (Haut, Extremitäten) kühlt diese ab. Wärmeverluste durch Konvektion, Wärmeleitung und Strahlung werden dadurch geringer. Das im Körperkern (dazu zählen die Organe des Kopfes, der Brust- und Bauchhöhle) zirkulierende Blut verliert weniger Wärme. Hauttemperaturunterschiede von 10° Celsius und mehr können bei Kälteexposition zwischen

verschiedenen Stellen des Körpers auftreten. Die höchsten Hauttemperaturwerte finden sich an der Stirn, die niedrigsten an Händen und Füßen.

In bezug auf den Aufenthalt in kalter Umgebung muß angemerkt werden, daß es bei maximaler peripherer Vasokonstriktion zu Erfrierungen der Gliedmaßen kommen kann, wenn es auf Grund der Zirkulationsstörung zur intravasalen Aggregationsbildung, zu Permeabilitätsstörungen der Gefäßwände und zum Ödem kommt, sodaß eine Minderversorgung des Gewebes mit Sauerstoff resultiert und der Zellstoffwechsel zum Erliegen kommt. (Wenzel, Piekarski 1982; Kahle, Burchard 1984).

Kleidung, die die Blutzirkulation behindert, kann zu einer beschleunigten Auskühlung der betroffenen Körperteile beitragen und eine Erfrierung bewirken. Es ist deshalb wichtig, in der Kälte entsprechend locker sitzende Kleidung (z.B. Schuhe) zu tragen.

Zugunsten der Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur müssen Geschicklichkeitsminderungen, die mit der Auskühlung der Extremitäten einhergehen, oder in Extremfällen sogar lokale Erfrierungen in Kauf genommen werden, denn schon bei einer Körperkerntemperatur von 36° C können Desorientierung und Verwirrtheit auftreten. Unterhalb 30° C tritt in den meisten Fällen Bewußtlosigkeit ein. Kammerflimmern des Herzens aufgrund einer Kaliumverschiebung in den Interzellularraum erscheint bei Körperkerntemperaturen um 27° bis 26° C. (Kahle, Burchard 1984).

Bei Wärmebelastung muß die Hauttemperatur erniedrigt werden, damit genug Wärme abgegeben werden kann. Schweißbildung führt über die Verdunstung des Schweißes zu einer entsprechenden Abkühlung der Haut. Die Lufttemperatur, bei der die Schweißbildung beginnt, ist um so niedriger, je anstrengender eine körperliche Arbeit ist. Das heißt: Schweißbildung ist auch in sehr kalter Umgebung möglich, wenn eine körperliche Arbeit nur schwer genug ist.

Die gebildete Menge und der Kühleffekt des Schweißes hängen von der Luftfeuchtigkeit ab. Bei hoher Feuchtigkeit der Umgebungsluft und sonst entsprechenden Bedingungen kommt es zu einer vergleichsweise hohen Schweißbildung. Bei starker Schweißbildung kann der Hautkühleffekt reduziert sein, wenn es zum Abtropfen oder zur Aufnahme des Schweißes in die Kleidung kommt. Die Verdunstung des Schweißes wird dadurch behindert. Mit einer Schweißansammlung und Durchfeuchtung der Kleidung ist eine Abnahme ihrer Isolationseigenschaften (siehe unten) verbunden, denn feuchte Kleidung besitzt eine erhöhte Wärmeleitung.

Bei einer langfristigen Anpassung an Kälte- oder Wärmebelastungen ist der Körper in der Lage, seine thermoregulatorischen Umstellungen zunehmend stärker einzusetzen. Bei der Kälteakklimatisation können sich der Energieumsatz und damit die Wärmebildung erhöhen. Neben einem geringeren Gefühl der Unbehaglichkeit bei Kälte tritt das Kältezittern erst bei tieferen Umgebungstemperaturen auf. (Wenzel, Piekarski 1982).

Burton und Edholm (1955) weisen auf den Zusammenhang zwischen benötigter Ganzkörperisolation durch Bekleidung und unterschiedlich tiefer Umgebungstemperatur sowie dem Energieumsatz des betreffenden Menschen hin. Man sieht in der Abbildung 2.8, daß bei einer bestimmten Umgebungstemperatur der benötigte Isolationswert der Bekleidung umso geringer ausfallen muß, je höher der Energieumsatz ist.

1 MET bedeutet den Energieumsatz von ca. 400 kJ/h. Das entspricht dem Energieumsatz bei sitzender Tätigkeit. 1 clo bedeutet einen thermischen Widerstand einer Bekleidung, bei dem eine Wärmemenge von 23 kJ pro Stunde und Quadratmeter durchgelassen wird, wenn eine Temperaturdifferenz von 1° Celsius zwischen Innen- und Außenseite der Bekleidung besteht:

$$1 \text{ clo} = 0,043^\circ \text{C} \times 1\text{m}^2 \times 1\text{h} / 1\text{kJ}$$

Auch die die Kleidung umgebende Luft besitzt Isolationseigenschaften. Die Luftisolationswerte in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit sind in Abbildung 2.9 dargestellt. Bei fast Windstille ($v = 0,1 \text{ m/s}$) besitzt die dem Körper bzw. der Bekleidung unmittelbar anliegende Luftschicht einen Isolationswert von 1 clo. Bei Zunahme der Windgeschwindigkeit verringert die Luft ihren Isolationswert.

Abb. 2.8 Benötigte Ganzkörperisolation durch Bekleidung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und dem Energieumsatz (Modifizierte Darstellung nach Burton und Edholm [1955] in Wenzel und Piekarski [1982])

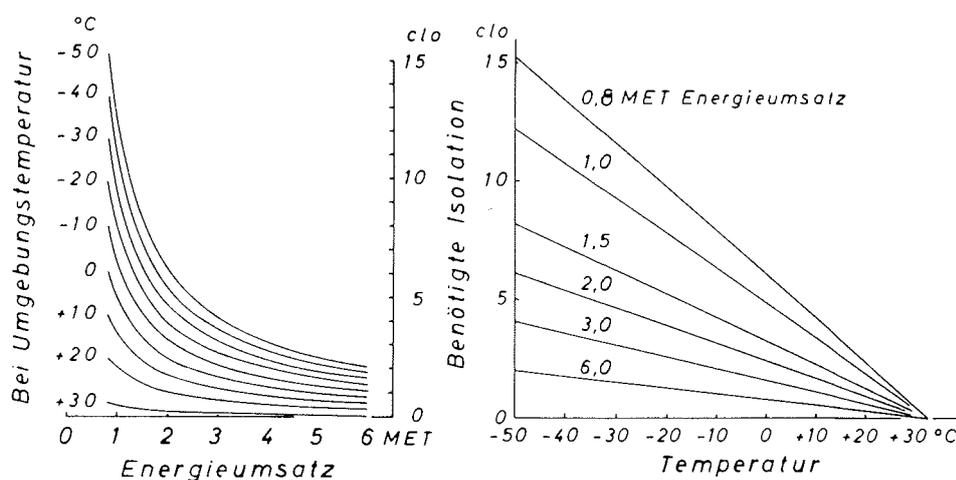
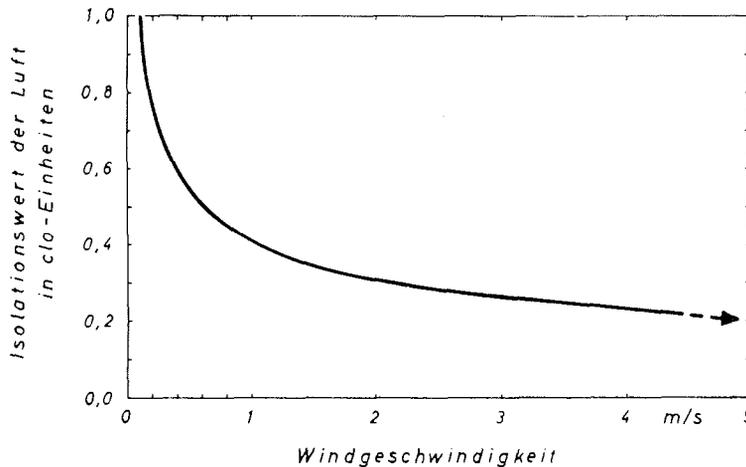


Abb. 2.9 Luftisolationswerte in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit
(Nach Burton und Edholm [1955] in Wenzel und Piekarski [1982])



Der den Umgebungsbedingungen und dem Energieumsatz entsprechend benötigte Isolationswert der Kleidung ergibt sich aus der Differenz der in Abbildung 2.8 ablesbaren Ganzkörperisolation und der in Abbildung 2.9 dargestellten Luftisolation:

$$\text{Ganzkörperisolation} - \text{Luftisolation} = \text{benötigte Isolation der Kleidung}$$

Polarkleidung besitzt einen thermischen Widerstand ab 3,0 clo aufwärts. (Fanger 1972; Frank 1975).

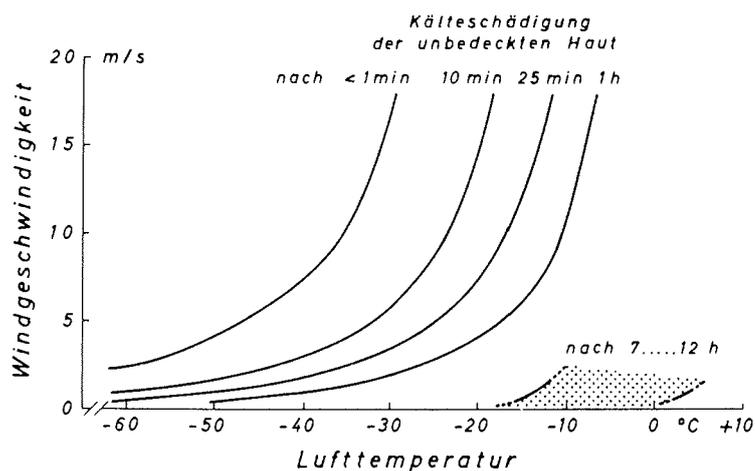
Je wärmer man sich kleidet, desto schwerer wird die Kleidung. Es wird darauf hingewiesen, daß durch schwere Kleidung neben der geringeren Beweglichkeit eine größere Tragarbeit geleistet werden muß. Ferner ist die Fähigkeit zu körperlichen Leistungen herabgesetzt. (Wenzel und Piekarski 1982).

Windeinwirkung bedingt eine Steigerung der Wärmeabgabe durch Konvektion. Bei niedrigen Lufttemperaturen besteht schon bei relativ geringen Windgeschwindigkeiten die Gefahr von Schädigungen in Form lokaler Erfrierungen nicht genügend geschützter Hautpartien insbesondere am Kopf (Nase, Ohren) und an den Extremitäten (Hände, Füße) oder von Unterkühlungen. (Piekarski 1982; siehe Abb. 2.10 und Abb. 2.11).

Was den Wärmeverlust exponierter Hautstellen bei Windeinwirkung anbelangt, lassen sich Windverhältnissen äquivalente Temperaturen angeben. Dieser Zusammenhang zwischen physi-

kalisch meßbarer und windabhängig empfundener Lufttemperatur wird in der sogenannten Wind-Chill-Karte dargestellt. (Siehe Abb. 2.11). Man sieht hier zum Beispiel, daß bei einer Lufttemperatur von -30° Celsius und einer Windgeschwindigkeit von ca. 40 km/h die Temperaturempfindung einer Lufttemperatur von -60° Celsius bei Windstille entspricht. Bei Windstille liegt der Bereich einer erhöhten Gefährdung ungeschützter Körperteile zwischen -30° und -50° Celsius Lufttemperatur, darunter wird die Gefährdung groß. Bei einer Windgeschwindigkeit von 14 m/s (ca. 50 km/h) besteht die Gefahr der Erfrierung exponierter Hautstellen schon ab ca. -8° bis -23° Celsius Lufttemperatur. Große Erfrierungsgefahr beginnt bereits unter -23° Celsius.

Abb. 2.10 Bedingungen für Kälteschäden der Haut
(Modifizierte Darstellung nach Goldman 1973; in Wenzel, Piekarski 1982)



Belastungen der Überwinterer durch das antarktische Klima

Die Belastungen durch das antarktische Klima, die die Überwinterer betrafen, entstanden in erster Linie durch die niedrigen Lufttemperaturen und die häufig hohen Windgeschwindigkeiten, aber auch durch die Fahrgeschwindigkeiten ihrer offenen Motorschlitten. Bei Fahrten mit den Motorschlitten, die eine Geschwindigkeit von 50 km/h (das entspricht einer Luftbewegung von 14 m/s) erreichen konnten, war bereits ab einer Lufttemperatur von -10° Celsius Vorsicht geboten. (Siehe Abb. 2.10: *Bedingungen für Kälteschäden der Haut*; Abb. 2.11: *Wind-Chill-Karte*; Tab. 2.7: *Driftzeiten*; Tab. 2.8: *Temperaturen und Wetterlagen*).

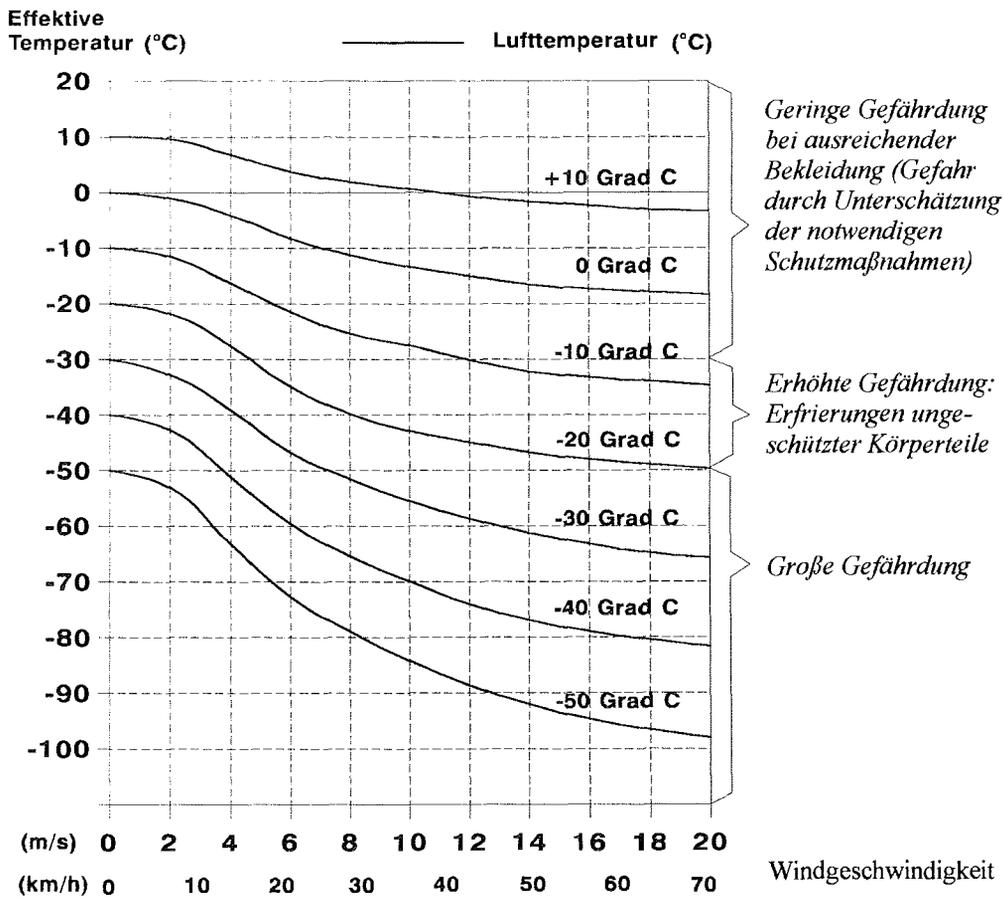
Die wärmeisolierende Kleidung, die vom Alfred-Wegener-Institut gestellt worden war, bestand aus einem umfangreichen Sortiment. Die Kleidungsstücke konnten den Witterungsbedingungen angepaßt miteinander kombiniert werden, sodaß die Überwinterer für alle Wettersituationen gerüstet waren.

Bei der Wahl der Bekleidung konnte es problematisch sein, die Kleidung den Außenbedingungen (Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit) und den geplanten Aktivitäten entsprechend (Fahrtwind, schwere oder leichte körperliche Arbeit) richtig auszuwählen. Eine Fehleinschätzung des Bekleidungsbedarfes konnte z.B. daraus resultieren, daß Lufttemperaturunterschiede zwischen 20° C (im Polarsommer) und 60° C (im Polarwinter) ausgeglichen werden mußten, wenn die Überwinterer aus den beheizten Wohncontainern, in denen eine Raumtemperatur von ca. 20° C herrschte, ins Freie kamen.

Ferner wurden bei der Wahl der Bekleidung häufig Kompromisse hinsichtlich der erforderlichen Isolationseigenschaften der Kleidungsstücke wegen der damit verbundenen Einschränkung der Beweglichkeit eingegangen. Ein besonderes Problem war deshalb für die Überwinterer der Schutz der Hände und Füße vor Kälte, da die Bedienung von Gerätschaften und Fahrzeugen oder eine erforderliche Bewegungsfreiheit in allgemeiner Hinsicht es nicht immer zuließen, der Lufttemperatur angepaßte Handschuhe oder entsprechendes Schuhwerk zu tragen. Beispielsweise mußte bei Motorschlittenfahrten aus Sicherheitsgründen der Gashebel mit dem Daumen gehalten werden, was nicht gut mit den für extreme Kälte vorgesehenen besonders dicken Handschuhen zu machen war. Es wurden deshalb bequemere aber dünnere Handschuhe bevorzugt. Bei längeren Fahrten führte das neben der Ermüdung der Unterarmmuskulatur zur Unterkühlung des Daumens durch Kälte- und Druckeinwirkung. Die richtige Auswahl des Schuhwerks konnte ebenfalls problematisch sein. Gummierter Leinenüberschuhe mit Filzstiefeleinsatz waren solange warm, wie sie trocken blieben. Wurden die Filzeinsätze nach mehr oder weniger langer Zeit feucht, gingen die für den trockenen Zustand guten Isolationseigenschaften verloren. Die für den extremen Kälteeinsatz vorhandenen Leder-Leinenschuhe mit Filzeinsatz schränkten aufgrund ihrer Klobigkeit die Bewegungsfreiheit ein.

Anhand von Abbildung 2.8 wird ersichtlich, wie es den Überwinterern ging, wenn sie sich z.B. für eine Motorschlittenfahrt gekleidet hatten und Schwierigkeiten beim Anlassen des Motors auftraten, was bei tieferen Temperaturen leicht vorkommen konnte. Der 2-Takt-Motor mußte per Reißleine gestartet werden und das konnte zur Schwerarbeit von längerer Dauer ausarten. Nach kurzer Zeit konnte eine solche Anstrengung zu starker Schweißbildung und damit zur Durchfeuchtung der Isolutionskleidung führen, wodurch ihre Isolationseigenschaften so sehr verschlechtert wurden, daß sie nicht mehr den Bedürfnissen entsprachen. Solange sich die Überwinterer in der Nähe der Station befanden, war eine solche Situation nicht besonders tragisch, da die feuchte Kleidung gewechselt werden konnte.

Abb. 2.11 Wind-Chill-Karte
(Modifiziert nach Dasler [1974] und Kohnen [1981])



Waren Fahrten mit den offenen Motorschlitten vorgesehen, erwies es sich als günstig, für die Schlittenfahrten Kleidung mit hohem thermischen Widerstand zu tragen und diese am Zielort durch Kleidung mit niedrigerem thermischen Widerstand zu ersetzen. Im einfachen Falle wurde z.B. die Daunenjacke ausgezogen.

Trotz entsprechender Vorsicht kam es typischerweise bei Fahrten mit den Schlitten in einigen Fällen zu leichten Erfrierungen im Gesichts- und Halsbereich. (Siehe Abb. 2.10: *Bedingungen für Kälteschäden der Haut*, Abb. 2.11: *Wind-Chill-Karte*). Insbesondere konnte die Haut am Hals geschädigt werden, wenn ihre Durchblutung durch Druckeinwirkung eines Kleidungsstückes (zu enger Halsausschnitt) über dem Kehlkopf gestört wurde.

Neben der Kälte, die sich im allgemeinen gut ertragen ließ, machten kurzfristig eintretende Wetterumschwünge die Aufenthalte in größerer Entfernung von der Überwinterungsstation gefährlich. So konnte es geschehen, daß die Überwinterer auf dem Meereis innerhalb von wenigen Minuten von Nebel eingeschlossen wurden oder daß innerhalb von Stunden eine stärkere Schneedrift einsetzte. (Siehe Tab. 2.7: *Driftzeiten...* und Tab. 2.8: *Außentemperaturen und Wetterlagen...*).

Wegen dieser klimatischen Unwägbarkeiten und der erhöhten Unfallgefahr auf dem Eis war es Vorschrift, mindestens zu zweit auf größere Touren in die Umgebung der Station zu gehen. Außerdem mußten Funkgeräte und Survivalbags mitgeführt und in einem Fahrtenbuch in der Station die Namen der Teilnehmer, das Ziel der Fahrt und das Datum sowie die Zeit der Abfahrt eingetragen werden.

Als Folge der geringen Luftfeuchtigkeit kam es in der Station trotz Luftbefeuchtungsmaßnahmen des öfteren zu elektrostatischen Aufladungen von isolierenden Stoffen (Jonassen 1979), deren Entladungen zu Schreckreaktionen der davon betroffenen Personen (Schmidt 1977) oder auch zu einem Absturz des Stationscomputers, was besonders ärgerlich war, führen konnten.

Die beschriebene erhöhte Häufigkeit von Erkrankungen der oberen Luftwege bei geringer Luftfeuchtigkeit (Green 1979; Grandjean 1973) trat bei den Überwinterern nicht in Erscheinung.

Gegen die starke Sonneneinstrahlung besonders während des Polarsommers und die damit verbundene hohe UV-Licht-Belastung mußten UV-Licht absorbierende Augengläser getragen und Sonnenschutzfaktorsalben auf die exponierten Hautpartien aufgetragen werden. Durch Unachtsamkeit kam es in wenigen Fällen zu Sonnenbrand und Photophthalmia electrica.

Für die Überwinterer kam es durch die natürlichen und künstlichen Lichtverhältnisse an ihrer Station zu Bedingungen, wie sie im Kapitel 3.3 (*Hell-Dunkel-Wechsel...*) angesprochen werden. In der Polarnacht und während des Polartages mit jeweils einer Dauer von ca. 2,5 Monaten (siehe Kapitel 2.4: *Die Tageshelligkeitsdauer*, Tabelle 2.5 und Abbildung 2.7) fehlte der normale Hell-Dunkel-Wechsel des Tageslichtes der nichtpolaren Regionen.

Da sich die Station fensterlos unter dem Eis befand, waren die Überwinterer auch außerhalb der Winterzeit ausschließlich auf künstliches Licht angewiesen, wenn sie durch widrige Wetterverhältnisse oder durch Arbeiten in den Laboratorien in der Station festgehalten wurden. (Siehe Tab. 2.7: *Driftzeiten*). Die Raumbeleuchtung entsprach normalen Verhältnissen. (Thorington 1985). Oft wurde diesem Licht mit an sich schon geringer Intensität sogar eine noch gedämpftere ("gemütlichere") Beleuchtung vorgezogen.

Selbst bei günstigen Wetterbedingungen waren die Aufenthaltszeiten in der tageslichtlosen Station nicht unerheblich. Über Aufenthaltszeiten im Freien oder in der Station wurden abgesehen von den Protokollierungen der Aufenthalte im Freien während der Stunde vor einem Meßzeitpunkt leider keine Aufzeichnungen gemacht. Die Aufenthalte im Freien vor den Meßzeitpunkten lassen jedoch keine oder nur sehr vage Rückschlüsse auf eine Gesamtaufenthaltshäufigkeit oder -dauer im Freien und damit auf eine Tageslichtexpositionshäufigkeit zu, da sie jeweils nur die Stunde vor jedem Meßzeitpunkt, nicht jedoch die übrigen drei Stunden nach einem Meßzeitpunkt betrafen. (Siehe Kapitel 4.2: *Methodische Probleme bei der Datenerhebung 2: Bedeutung der Aufenthalte im Freien vor einem Meßzeitpunkt für die Messungen und Selbstbeurteilungen der Probanden*).

Die Außenaktivitäten mußten der unterschiedlich langen Tageshelligkeitsdauer im Laufe des Jahres angepaßt werden. So konnten während des Polartages bis zu 24 Stunden Helligkeit und in Abhängigkeit zur Wetterlage sogar 24 Stunden Sonnenschein genutzt werden. Das war insofern von Vorteil, da in dieser Zeit Instandsetzungsarbeiten an der Station durchgeführt werden mußten, die bis zur Abfahrt des "FS Polarstern" nach der Sommerkampagne 1984/85 abgeschlossen sein mußten. Günstig wirkte sich außerdem die geringe Häufigkeit von Schneedriften im Januar und Februar 1985 auf Außenaktivitäten aus. (Siehe Tabelle 2.7: *Driftzeiten*). Zur Dunkelheit des Polarwinters, die Arbeiten im Außenbereich der Station auf die Zeit der "Mittagsdämmerung" beschränkte, kamen außerdem eine größere Kälte und ungünstigere Wetterlagen. (Siehe Tabelle 2.8: *Außentemperaturen und Wetterlagen...* und Abb. 6.1: *"Schlechtwetter-Diagramm"*).

Trotz der zeitweise äußerst widrigen Wetterverhältnisse wurden die Observatorien das ganze Jahr hindurch ununterbrochen betrieben und die Radiosondenaufstiege wurden täglich bei jedem Wetter durchgeführt. Diese Tatsache soll nicht den Eindruck erwecken, als ob jeder Überwinterer zu allen Zeiten den klimatischen Belastungen ausgeliefert gewesen wäre, denn abgesehen von den genannten und weiteren dringend erforderlichen Arbeiten im Außenbereich der Station wie zum Beispiel der Befüllung der Schneeschmelzanlage verlagerte sich das Leben bei Schneedriften und Stürmen vielmehr in den inneren Stationsbereich. Wenn die Überwinterer nicht gerade unterwegs von "schlechtem Wetter" überrascht wurden, begrenzte man die Aufenthalte bei Schneedrift oder anderen ungünstigen Wetterlagen außerhalb der Station auf die notwendigen Zeiten. Am anstrengendsten waren neben der Arbeit an der Schneeschmelze Fußmärsche zu den geophysikalischen und luftchemischen Außeneinrichtungen (siehe Kapitel 2.2: *Die Funktionen der Station*) entlang der aus Sicherheitsgründen aufgestellten Handleinen. Versorgungsfahrten zu weiter entfernt liegenden Außenstationen (seismische Arrays, Entfernung zur GVN-Station ca. 9 km; meteorologische Außenstation, Entfernung zur GVN-Station 40 km) wurden natürlich nur bei drifffreiem Wetter begonnen.

Tab. 2.7 Driftzeiten während der Überwinterung 1985/86

Monat	Drifttage pro Monat	Driftdauer in Tagen
Januar	0	0
Februar	3	9
März	19	7, 6
April	16	4, 7, 1, 4
Mai	10	3, 5
Juni	15	4, 10
Juli	12	4, 1, 5, 2
August	11	1, 5, 4, 1
September	12	4, 3, 4, 1
Oktober	16	3, 7
November	13	2, 3, 5
Dezember	2	2
Gesamt:	131	Drifttage im Jahr 1985

Die Driftdauer (Drift = Schneetreiben) schwankte zwischen einem Tag und zehn Tagen. Es kam vor, daß Driften eng aufeinander folgten, so daß praktisch Driftzeiten bis zu drei Wochen Dauer auftreten konnten.

Die Monate Januar, Februar und Dezember (Dezember bis zum Abschluß der vorliegenden Untersuchung am 15.12.) des Jahres 1985 waren driftarm. Von März bis November 1985 driftete es im Schnitt 15 Tage pro Monat. Insgesamt wurde im Jahr 1985 an 131 Tagen Drift registriert. (Angaben nach Aufzeichnungen der Probanden).

Andere ungünstige Wetterlagen wie zum Beispiel Schneefall- oder "White out", die ebenfalls einen Aufenthalt im Freien erschweren konnten, wurden hier nicht berücksichtigt.

Alles in allem betrachtet kann wohl behauptet werden, daß mit den dargestellten klimatischen Belastungen auch Sicherheitsrisiken der Überwinterer verbunden waren. Die klimatisch bedingten Gefahren wurden jedoch von den Überwinterern subjektiv nicht als gravierend eingestuft. Die antarktische Natur mit ihren klimatischen Besonderheiten stellte eher eine

Herausforderung dar, der sie sich gerne stellten. Hiermit war allerdings kein Leichtsinns verbunden. Vielmehr hatten die Überwinterer sich schnell auf die antarktischen Klima- und Lichtverhältnisse eingestellt und gelernt, damit sinnvoll umzugehen.

Tab. 2.8 Außentemperaturen und Wetterlagen an den Tagen der vorliegenden Untersuchung im Laufe der Monate des Untersuchungszeitraums Januar bis Dezember 1985

Monat	Außentemperatur	Wetterlage
Januar	ca. - 2° C	Zwischenhoch, sonnig, leicht bedeckt
Februar	ca. -15° C	Zwischenhoch, sonnig
März	-15° bis -20° C	sonnig, Drift
April	-10° bis -20° C	wechselnd, sonnig, bewölkt
Mai	-30° bis -35° C	Tiefdruck , Schneedrft
Juni	-20° bis -30° C	leichte Bewölkung
Juli	-30° bis -40° C	Luftdruck steigend, leichte Bewölkung
August	-25° bis -35° C	Sturmtief, Schneedrft
September	-20° bis -30° C	Sturmtief, Drift
Oktober	-20° C	Drift
November	-10° bis -20° C	wechselnd, sonnig, stark bewölkt
Dezember	- 5° bis -10° C	Frontdurchzug, bedeckt, Schneefall

Tabelle 2.8 zeigt die Lufttemperaturen an den Meßtagen dieser Untersuchung sowie die dazugehörigen Wetterlagen nach Aufzeichnungen der Probanden.

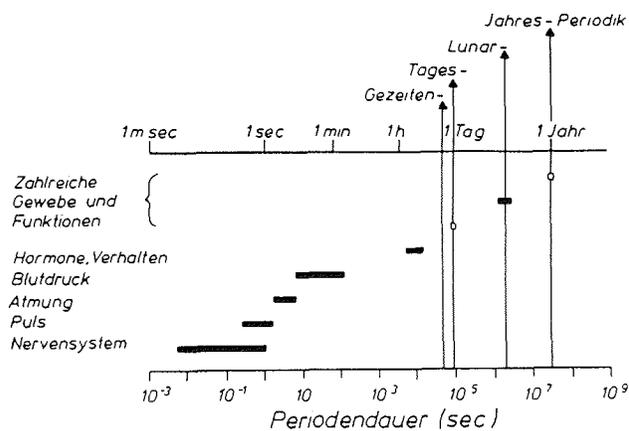
3 Zur Rhythmik biologischer Funktionen

3.1 Biologische Zeitstrukturen

Die Chronobiologie befaßt sich mit der wissenschaftlichen Erforschung von Mechanismen biologischer Zeitstrukturen. Biologische Zeitstrukturen sind allen biologischen Systemen zu eigen. (Aschoff 1955a).

Das ganze Spektrum von Perioden der Haupttypen menschlicher Rhythmen zeigt Abb. 3.1. Es reicht von Millisekunden bis hin zu mehreren Jahren. (Hildebrandt 1967; Aschoff 1981c). Die Variabilität der Frequenzen ist im hochfrequenten Bereich der rhythmischen Funktionen (z.B. Nervenimpulsraten) hoch, zum Bereich längerer Perioden nimmt sie ab.

Abb. 3.1 Frequenzvariabilität endogener Rhythmen des Menschen.
Aus J. Aschoff (Hrsg.): Biological Rhythms (Handbook of Behavioral Neurobiology, Bd. 4) New York 1981, S. 5



Die biologischen Rhythmen sind endogen bestimmt. Im Bereich der niederfrequenten Rhythmen gibt es vier, die sich darüberhinaus synchron zu geophysikalischen Zyklen der Umwelt verhalten. (Aschoff 1966: siehe Tab. 3.1).

Gezeiten- und lunarperiodische Zyklen finden sich insbesondere bei Meerestieren, die dem Wechsel der Gezeiten an den Meeresküsten ausgesetzt sind. Tages- und jahresperiodische Zyklen zeigen sich bei Pflanze, Tier und Mensch. (Aschoff u. a. 1987).

Tab. 3.1 Die vier biologischen "Circa-Rhythmen"

Gezeitensynchrone Periodizität:	Dauer ca. 12 Stunden = circatidal
Tagessynchrone Periodizität:	Dauer ca. 24 Stunden = circadian
Lunarsynchrone Periodizität:	Dauer ca. 29 Tage = circalunar
Jahressynchrone Periodizität:	Dauer ca. 1 Jahr = circannual

Durch die umweltsynchronen zeitlichen Ordnungen werden die räumlichen Strukturen der Organismen sinnvoll ergänzt, so daß sie sich optimal in geophysikalisch bedingte Zeitabläufe ihrer Umwelt einpassen können. Hierdurch wird das Überleben der Arten erst ermöglicht. (Aschoff u.a. 1987; Gwinner 1974).

Ein Beispiel einer solchen biologisch sinnvollen jahressynchronen Anpassung an besonders lebensfeindliche Umweltbedingungen in der Antarktis dürfte auch das Fortpflanzungs- und Brutverhalten der Kaiserpinguine zeigen, die in der Polarnacht mit dem Brutgeschäft beginnen, damit die Aufzucht der Jungvögel bis zum Ende der Sommerzeit mit der Mauser abgeschlossen sein kann.

3.2 Circadiane Rhythmen

Biologische Rhythmen mit einer Periodenlänge von etwa 24 Stunden findet man vom Einzeller bis zu hochentwickelten Pflanzen- und Tierstämmen unter Einschluß der Säugetiere und des Menschen. (Rensing 1973; Bünning 1977).

Ein von Aschoff (1954) bzw. Halberg und Visscher (1954) entwickeltes Konzept des circadianen Systems hilft diese biologischen Rhythmen einzuordnen. Vom lateinischen "circa diem" abgeleitet hat Halberg (1959) den Begriff *Circadianrhythmen* für diese "ungefähr einen Tag" dauernden Rhythmen eingeführt und den Bereich ihrer Perioden später auf 24 ± 4 Stunden begrenzt (Halberg u.a. 1977). Die Circadianrhythmik beruht (wie auch die anderen drei "Circa-Rhythmen": circatidale, circalunare, circannuale Rhythmik) auf einer endogenen Komponente, die als Eigenfrequenz bei Ausschaltung von synchronisierenden Einflüssen nachgewiesen werden kann. (Aschoff 1955a; siehe Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber*).

Nach Bünning (1978) hat sich die Circadianrhythmik durch Mutation und Selektion im Laufe der Phylogenese aus Rhythmen anderer Periodenlängen herausgebildet. Dabei blieb die Lokalisation des Zentrums der circadianen Rhythmik nicht auf ein Organ beschränkt. Vielmehr gibt es mehrere Zentren, von denen aus der (tierische und auch) menschliche Organismus seine tagesperiodischen Veränderungen verschiedener Funktionen im Sinne eines Multioszillator-

systems mit ineinandergreifenden Regelkreisen steuert. Hierfür spricht auch, daß beim Säugling erst nach Wochen einer multiphasischen Oszillation die für den erwachsenen Menschen typische monophasische Tagesperiodik entsteht. (Hellbrügge u. a. 1959).

Zentrale Schrittmacher (die "eigentlichen inneren Uhren") haben ihren Sitz im Zwischenhirn. Für Säugetiere ist der wichtigste Schrittmacher für die circadiane Rhythmik im Nucleus supra-chiasmaticus (SCN) lokalisierbar. Dies scheint auch für den Menschen zu gelten. Es besteht eine Verbindung zwischen Lichteinfluß und Melatoninsekretion über die Netzhaut, das Chiasma, den Hypothalamus und die Zirbeldrüse (die dem dritten Auge der Kriechtiere entspricht). Melatonin gilt als "Entraining Factor" für die Müdigkeit beim Menschen. (Arendt u.a. 1985; siehe Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber*).

Bei Reptilien und Vögeln spielt die Zirbeldrüse eine wichtige Rolle als Schrittmacher. Die experimentelle Ausschaltung des SCN oder der Zirbeldrüse führt zur Arrhythmie der zuvor circadianrhythmischen Vorgänge. Erhaltenbleibende rhythmische Komponenten lassen auf die Existenz von "Unteruhren" schließen. (Aschoff u. a. 1987). Ein Multioszillatormodell, das beim Menschen Gültigkeit haben soll, wurde von Wever (1979) vorgestellt.

Beim Menschen belegen über 100 Meßgrößen von Funktionen und Organen die Existenz von Circadianrhythmen des Herz-Kreislauf-Systems, der Wärmeregulation, des endokrinen und des vegetativen Systems. (Literatur bei Knauth 1983 und Knauth, Kiesswetter, Rutenfranz 1981). Dabei scheint der Körpertemperatur eine wesentliche Bedeutung zuzukommen.

Körperkerntemperatur: die "Referenzvariable" der physiologischen Rhythmen

Insbesondere die Körperkerntemperatur fand in vielen chronobiologischen Untersuchungen Beachtung, so daß sie inzwischen als Referenzvariable gelten kann. (Kiesswetter 1988). Einerseits ist die Körperkerntemperatur auch während des Schlafs leicht zu messen, andererseits fällt ihr Rhythmus durch eine nur geringe Anpassungsgeschwindigkeit nach Zeitgeberschiebung und einen relativ kleinen Anpassungsspielraum auf. (Vergleiche Kapitel 3.3: *Anpassungsverhalten physiologischer und psychischer Funktionen bei Zeitgeberschiebung*). Das bedeutet die Körperkerntemperatur besitzt einen sehr stabilen Tagesgang. Man nimmt an, daß über diesen stark endogen bestimmten Rhythmus die endogene Komponente des circadianen Systems erforscht werden kann. (Kronauer u.a. 1982; Wever 1985a).

Daß der Körperkerntemperaturrhythmus eine stark endogene und wenig flexible Kennzeichnung besitzt, geht auch aus Untersuchungen von Wever (1979) hervor (siehe Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber*), der in Freilaufversuchen einen Zustand der "Inneren Desynchronisation" zwischen dem Schlaf-Wach-Rhythmus und dem Körperkerntemperaturrhythmus fand. Der Temperatur-

rhythmus lief mit einer Periode von 25 Stunden frei und blieb damit dicht an der normalen Tagesdauer von 24 Stunden. Auch unter Schlafdeprivation bleibt die Circadianrhythmik der Körperkerntemperatur (wenn auch verändert) erhalten. (Åkerstedt, Fröberg 1977; Fröberg 1977).

Die menschliche Körperkerntemperatur beträgt im Durchschnitt 37°C . Dabei weist sie alters- und geschlechtsabhängige Abweichungen auf. Die Tagesschwankungsbreite der Körperkerntemperatur beträgt nicht ganz $1,5^{\circ}\text{C}$. Das Temperaturminimum an einem normalen Tag mit nicht verschobenem Schlaf-Wach-Rhythmus findet sich zwischen 03.00 und 04.00 Uhr während des Schlafes und beträgt ca. $36,3^{\circ}\text{C}$. Noch während des Schlafes kommt es dann zum Temperaturanstieg, der in den Morgenstunden besonders steil und zum Nachmittag hin flacher verläuft. Körpertemperaturmaxima werden für die Zeit zwischen 14.00 und 21.00 Uhr mit ca. $37,3^{\circ}\text{C}$ angegeben. Bei visueller Einschätzung der Lage des Temperaturmaximums lag dieses eher später (20.00 Uhr: Blake 1971; Hockey, Colquhoun 1972), bei einer Einschätzung mit Hilfe eines mathematischen Verfahrens wie z.B. mit der Cosinormethode lagen die Temperaturmaxima eher früher (15.00 bis 17.00 Uhr: Reinberg u.a. 1975a; Fröberg 1977; Minors u.a. 1976; Wever 1980; Benoit u.a. 1981; Kiesswetter u.a. 1981; Vokac u.a. 1981).

Wie alle homoiothermen Lebewesen muß der Mensch die Körperkerntemperatur in engen Grenzen gegen äußere Einflüsse (unterschiedliche Lufttemperaturen und Luftbewegungen) und sich ändernde innere Bedingungen (z.B. unterschiedliche Wärmeproduktion durch körperliche Arbeit) aufrecht erhalten. Das erfordert eine komplizierte Wärmeregulation. (Vergleiche Kapitel 2.5: *Thermoregulation und klimatische Einflüsse*).

Das Temperaturregelungszentrum homoiothermer Lebewesen liegt im Zwischenhirn. (Vergl. Kapitel 3.2: *Circadiane Rhythmen*). Über die *Formatio reticularis* scheint das im Hypothalamus gelegene Temperaturregelungszentrum funktionell beeinflusst zu werden, so daß durch psychisch oder physisch bedingte Afferenzen eine situationsgerechte Temperatursollwert-erhöhung resultiert. Durch eine komplexe endogene Steuerung erfolgt die Sollwert-einstellung gemäß dem Tagesrhythmus. Die Körperkerntemperatur wird hauptsächlich über die Wärmeabgabe in Form von Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Konvektion, ferner durch Wasserverdunstung über die Haut und Lunge sowie CO_2 -Freisetzung reguliert. Die Steuerung der Wärmeabgabe geschieht insbesondere durch unterschiedlichen Wärmetransport im Blutkreislauf. Zu hohen Wärmeabgaben kommt es bei guter Durchblutung peripherer Körperregionen und der Haut, wenig Wärmeverlust tritt auf, wenn die Blutgefäße der Peripherie verengt sind. Zusätzlich zur Drosselung der Durchblutung in peripheren Geweben wird bei Kälteexposition über Thermorezeptoren der Haut und des Rückenmarkes eine gesteigerte Wärmeproduktion hervorgerufen. In erster Linie geschieht das in der quergestreiften Muskulatur und äußert sich

als Kältezittern. Die gesteigerte Wärmeproduktion kann ein Vielfaches der Wärmezeugung in Ruhe (Grundumsatz) erreichen. (Wenzel, Piekarski 1982; Kahle, Burchardt 1984; vergleiche Kapitel 2.5: *Thermoregulation und klimatische Einflüsse*).

Bedeutung besitzt die Körperkerntemperatur (IST-Wert) nicht nur für die Temperaturregelung sondern auch in Bezug auf die Regulation von Stoffwechselabläufen. Enzymaktivität und nichtkatalysierte biochemische Reaktionen hängen von spezifischen Körperkerntemperaturen ab. (Aschoff 1955b; Hensel 1970; Kiesswetter 1988).

Rhythmik psychischer Funktionen

Chronopsychologische Untersuchungen bedienen sich am häufigsten psychophysiologischer Maße und Selbstbeurteilungsmethoden. Das Anliegen der Chronopsychologie ist es, mit Hilfe dieser Methoden den zeitlichen Verlauf psychischer Phänomene einzuordnen. Die Aufdeckung von Leistungstiefs und Leistungshöhen soll zur Klärung der Frage beitragen, wie der Mensch den Anforderungen seiner Umwelt und insbesondere seiner Arbeitswelt am besten gerecht werden kann.

Für die Darstellung von vollständigen circadianen Leistungsverläufen stellt die Schlafphase ein Problem dar, das sich nur durch Schlafdeprivation lösen läßt. Es ist jedoch ein Unterschied, ob der Schlaf ganz oder nur zu den Meßzeitpunkten unterbunden wird. Bleibt man nachts wach, resultiert - vorsichtig ausgedrückt - eine relative Aktivierung des Organismus. (Pöppel u.a. 1970). Dies konnte auch für verschiedene physiologische Funktionen wie die Körpertemperatur und die Herzfrequenz beim Übergang von Tagschichtarbeit zur ersten Nachtschicht gezeigt werden. (Kiesswetter u.a. 1981). Schlafdeprivation, tageszeitliche Schlaflage, Dauer des Schlafes und Schlafgewohnheiten entfalten einen Einfluß auf psychophysiologische und insbesondere Leistungsverläufe. Dieser Einfluß drückt sich in Veränderungen der Akrophase oder der Amplitude der Tagesschwankung aus, sodaß Tageskurven entstehen können, die mit einem kosinoidalen Verlauf nicht mehr übereinstimmen. (Literaturübersicht bei Knauth, Kiesswetter, Rutenfranz 1981).

Aktiviertheit - Leistung

Zum Verständnis circadianrhythmischer Leistungsverläufe wurde ein eindimensionales Aktiviertheitskonzept entwickelt und auf die umgekehrt u-förmige Abhängigkeit zwischen der Höhe der Aktiviertheit und der Leistung verwiesen. Selbstbeurteilungen sollen laut Thayer

(1970) einen aussagekräftigeren Indikator für die Aktiviertheit abgeben als individuelle physiologische Maße (Körpertemperatur, Herzfrequenz, Adrenalinausschüttung) allein.

Als Methoden für die Erfassung der subjektiven Aktiviertheit kamen "Ratingskalen", das sind durch Punkte eingeteilte Skalen (Åkerstedt, Fröberg 1976; Åkerstedt 1977), "visuelle Analogskalen" ohne Einteilung der Skalen (Folkard u.a. 1976, 1978; Fröberg 1977; Åkerstedt u.a. 1982; Monk u.a. 1983) oder "Adjektivskalen" (Debus 1974; Thayer 1978) zum Einsatz. Die Entwicklung der Aktiviertheit über einen normalen Wochtag (07.00 Uhr bis 23.00 Uhr) entsprach dabei stets einer umgekehrt u-förmigen Kurve, wobei abgesehen von Untersuchungen von Folkard u.a. (1978) eine Rechtsschiefe auftrat: das Aktiviertheitsmaximum lag zwischen 11.00 und 15.00 Uhr. Ein zusätzliches "Mittagstief" zeigte der Aktiviertheitsverlauf bei Thayer (1978).

Die durch physiologische Messungen und Selbstbeurteilungen belegte modellhafte Darstellung eines tagesperiodischen Aktiviertheitsverlaufes entspricht auch einer kosinoidalen Kurve mit einer Periode von 24 Stunden, einem Maximum am Nachmittag und einem Minimum in der Nacht. (Fröberg 1977, Fröberg u.a. 1975, Åkerstedt u. Fröberg 1977). Eine Beziehung zwischen Aktiviertheitsverlauf und Verlauf der Leistung kann positiv, invers korreliert oder auch völlig unregelmäßig sein. Für die Vorhersage von Leistungsverläufen ist dieses Modell nicht geeignet. (Knauth, Kiesswetter, Rutenfranz: Rhythmen im Leben, 1981).

Abgesehen vom Aspekt der Aktiviertheit finden andere befindlichkeitsspezifische Aspekte wie z.B. der Lust-Unlust-Aspekt oder der Anspannungsaspekt in der Literatur wenig Beachtung. (Kiesswetter 1988). Die Befindlichkeit wird jedoch als mehrdimensionales Konzept verstanden, in dem die Aktiviertheit nur eine Größe darstellt. (Janke, Debus 1978; Thayer 1978). Über den Nutzen einer mehrdimensionalen Befindlichkeitsanalyse unter chronopsychologischen Fragestellungen kann zur Zeit wegen der einseitigen Betrachtungsweise nur wenig ausgesagt werden. Über die Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit der Befindlichkeitsdimensionen untereinander gibt es nur vereinzelte Hinweise. (Debus 1974; Fröberg 1977; Thayer 1978; siehe Kapitel 5.2.3.1: *Hinweise zur Eigenschaftswörterliste EWL-N*).

Untersuchungen der Tagesrhythmik psychischer Leistungen haben zur Unterscheidung von zwei Testaufgabengruppen geführt. Die eine befindet sich hinsichtlich ihrer Leistungstageskurve in etwa in Phase mit der Körpertemperatur, die andere deutlich nicht. Die erste Aufgabengruppe mit Leistungsmaximum am späten Nachmittag (entsprechend der Zeit der Maxima von Körpertemperatur und subjektiver Aktiviertheit) umfaßt Aufgaben, die den Kategorien langfristiges Behalten, Entscheidungsverhalten, Informationsverarbeitung, Sensorik und Wahrnehmung sowie Aufmerksamkeit zuzuordnen sind. Die andere Gruppe von Aufgaben bezieht sich auf die Kategorien kurzfristiges Behalten und logisches Denken. Diese Aufgaben sind komplexerer Art und erfordern mehr Denkarbeit. Die Leistungsmaxima liegen in den Nacht- oder frühen Morgenstunden. (Hockey u.a. 1972).

Es könnte sein, daß die zwei Aufgabengruppen zwei unterschiedliche psychische Funktionen ansprechen, die zu den nicht übereinstimmenden Leistungsgipfeln führen. (Hockey u. Colquhoun 1972; Literaturübersicht bei Knauth u.a. 1981).

Auch Rutenfranz und Colquhoun (1979) fanden, daß die Beanspruchung durch unterschiedliche Arbeiten zu gleichen Tageszeiten nicht gleich empfunden wurde. Dieser Befund spricht ebenfalls dafür, daß verschiedene Leistungsfunktionen zu unterschiedlichen Tageszeiten ihre Maximalwerte erreichen können.

Zum Zusammenhang zwischen Leistungsrhythmen und physiologischen Rhythmen auf individuellem Niveau ist zu sagen, daß die beste Voraussage zur Wirksamkeit einer Leistung durch das Maß subjektiver Aktiviertheit gemacht werden kann. (Fröberg 1977). Keine direkte Beziehung besteht zwischen Körpertemperaturhöhe und absoluter Leistungshöhe. (Rutenfranz u.a. 1972).

3.3 Die Zeitgeber

Die periodisch wiederkehrenden Umweltfaktoren, die wie die Gezeitenperiodik, die Tagesdauer, die Lunarperiodik und die Jahresdauer in der Lage sind, endogene biologische Perioden zu synchronisieren, werden *Zeitgeber* (Aschoff 1954) oder *Synchronizer* (Halberg und Visscher 1954) genannt. Sie bestimmen die Periodendauer der biologischen Rhythmik.

Die Lufttemperatur und das Licht sind für Tiere die stärksten Zeitgeber der Circadianrhythmik. (Aschoff u.a. 1975). Für den Menschen standen hingegen bis zum Beginn der 80er Jahre das "Zeitbewußtsein" und "soziale Kontakte" als Zeitgeber im Vordergrund der Betrachtungen. (Wever 1979; Aschoff, Wever 1981).

Sogenannte Ziehversuche, bei denen die Dauer der Periode eines Zeitgebers, die normalerweise einem 24-Stunden-Tag entspricht, verkürzt oder verlängert wird, so daß anstelle des normalen Tages längere oder kürzere Kunsttage entstehen, haben gezeigt, daß das Zeitbewußtsein ein wichtiger Zeitgeber ist. Es wurden unter arktischer Mitternachtssonne Versuchspersonen über die wahre Tageszeit und damit die normale Tagesdauer getäuscht. Verschiedene physiologische Funktionen ließen sich dem getäuschten Zeitbewußtsein angleichen. (N. u. E. Kleitmann 1953, Lewis u. Lobban 1957). Wever (1979) konnte in Freilauf-Versuchen durch die Vermeidung aller Zeitgebereinflüsse (und damit auch Unterdrückung eines Zeitbewußtseins) autonome Rhythmen nachweisen, die wohl endogenen Ursprungs sind. Die Spontanperiodendauer der Körpertemperaturschwankung lag hierbei im Mittel bei 25 Stunden.

In diesem Zusammenhang wird ein Zustand als "interne Desynchronisation" bezeichnet, wenn verschiedene biologische Rhythmen oder Komponenten eines Rhythmus innerhalb eines Organismus mit unterschiedlichen Perioden ablaufen, wie es z.B. bei Freilauf-Versuchen

geschehen kann. Neben der Periode von ca. 25 Stunden für die Körpertemperatur wurden Verlängerungen bis über 30 Stunden für den Schlaf-Wach-Zyklus gefunden. Diese Befunde ließen sich durch die Existenz nebeneinander wirkender Oszillatoren, die die circadianen Rhythmen kontrollieren, erklären. (Aschoff, Wever 1976; Wever 1979; Aschoff, Wever 1981). Spontanfrequenzen endogener Periodizität treten auch auf, wenn man die Periodendauer eines Zeitgebers über bestimmte Grenzen ausdehnt. Der Zeitgeber verliert seine synchronisierende Kraft. Die sogenannten Ziehbereiche der Zeitgeber, in deren Grenzen sie zu synchronisieren vermögen, sind um so größer, je stärker die Zeitgeber und je schwächer die Oszillatoren, die die circadianen Rhythmen kontrollieren, sind. (Aschoff 1981d).

Die Beeinflussung (Entrainment) eines circadianen Rhythmus durch einen Zeitgeber erschöpft sich nicht in der Synchronisation des Circadianrhythmus mit der Zeitgeberperiode. Vielmehr wird ein spezifisches Phasenverhältnis zwischen Zeitgeber- und Circadianrhythmus behauptet. (Aschoff 1981d).

Wird ein Mensch nach einem Transmeridianflug einer zeitverschobenen sozialen Umwelt ausgesetzt, so verschiebt sich seine biologische Rhythmik in der Folge entsprechend. (Klein, Wegmann 1974). Es befindet sich dabei die innere Rhythmik des Organismus gegenüber diesem verschobenen Zeitgeber solange im Zustand der externen Desynchronisation, bis die ursprüngliche Phasenbeziehung zwischen den endogenen Rhythmen und dem Zeitgeberrhythmus wieder erreicht ist. Im Organismus selbst besteht während dieser Zeit ein Zustand der inneren Dissoziation zwischen den verschiedenen circadianen Rhythmen, wenn verschiedene Körperfunktionen mit unterschiedlicher Resynchronisationsgeschwindigkeit auf die Verschiebung des Zeitgeberrhythmus reagieren. (Klein, Wegmann 1975). (Siehe auch Kapitel 3.3: *Anpassungsverhalten physiologischer und psychischer Funktionen bei Zeitgeberschiebung*).

Dieser Zustand kann Tage andauern, da einer abrupten Verschiebung eines Zeitgeberrhythmus eine Zeit mit langsamer Resynchronisation (1 - 2 Stunden pro Tag) der Circadianrhythmen folgt, bis das ursprüngliche Phasenverhältnis zwischen Zeitgeber- und Circadianrhythmus wieder erreicht ist. (Aschoff u.a. 1975). Der Prozeß der Anpassung bis zur wiederhergestellten konstanten Phasenbeziehung der dissoziierten endogenen Rhythmen untereinander und mit dem Zeitgeberrhythmus wird Reentrainment genannt. Bei Aschoff u.a. (1975) wird eine Übersicht der Studien präsentiert, die sich mit den Auswirkungen von Transmeridianflügen auf die Circadianrhythmik physiologischer Funktionen und auf die Leistung befassen.

Auch in der Schichtarbeitsforschung spielen die Zeitgeber "Zeitbewußtsein" und "soziale Kontakte" eine große Rolle. Nach Aschoff (1978b) bleiben diese Zeitgeber aus der normalen Umwelt trotz Schichtarbeit in den Nachtstunden als entscheidende Zeitgeber erhalten, was eine Inversion der Tagesrhythmik durch die Nachtarbeit verhindert. Allerdings setzt die Schicht-

arbeit schon Anpassungsprozesse der Circadianperiodik in Gang. Die hieraus resultierende Destabilisierung des Circadianrhythmus kann sich in einer verkleinerten Amplitude der Tageschwankung physiologischer Funktionen zeigen. (van Loon 1963; Reinberg u.a. 1975a; Smith 1979). Als "masking"-Effekte bezeichnet Aschoff (1978b) Einflüsse von Schlaf und Arbeit auf die Circadianperiodik der Körpertemperatur. Bei Arbeit (in der Nacht) kann es zu einer Anhebung des Körpertemperaturniveaus und bei Schlaf (am Tag) zu einem Nebenminimum der Körpertemperaturkurve kommen. (Aschoff 1960, 1981b).

Erst in den letzten Jahren ist die Bedeutung des Tageslichts (bzw. hellen Lichts, "bright light" mit Stärken ≥ 2500 lux) als Zeitgeber für die circadiane Rhythmik des Menschen erkannt worden und in den Vordergrund des Interesses gerückt. (Czeisler u.a. 1989; siehe Kapitel 3.3: *Hell-Dunkel-Wechsel mit Licht starker Intensität und Schlaf-Wach-Zyklen als Zeitgeber für die Circadianrhythmik des Menschen*).

Unter dem Aspekt, daß der Tageslichtwechsel als starker Zeitgeber zu sehen ist, muß zu den oben genannten Ziehversuchen (Kleitmann, N. u. E. 1953; Lewis und Lobban 1957) und Freilauf-Versuchen (Wever 1979) angemerkt werden, daß sie unter relativ gleichförmigen Beleuchtungsbedingungen stattfanden. Die Ziehversuche unter arktischer Mitternachtssonne entbehrten ebenso wie die Freilauf-Versuche im Labor (mit der Verfügbarkeit nur schwachen Kunstlichtes) des Zeitgebers, der durch den Belichtungswechsel zwischen Tageslicht (oder sehr hellem Kunstlicht ≥ 2500 lux) und der Dunkelheit der Nacht gegeben ist: Das Zeitbewußtsein fungiert offensichtlich nur dann als wichtiger Zeitgeber für die Circadianrhythmik des Menschen, wenn Belichtungswechsel mit hellem Licht und Dunkelheit ausgeschlossen sind.

Zu den Transmeridianflügen sei bemerkt, daß neben den für wichtig gehaltenen sozialen Faktoren eine synchron verschobene Tageshelligkeit zur Wirkung kommt, der in diesem Zusammenhang bisher sicherlich zu wenig Beachtung geschenkt wurde und die neben der "sozialen Umwelt" als Zeitgeber eine nicht unbedeutende Rolle spielen dürfte.

Anpassungsverhalten physiologischer und psychischer Funktionen bei Zeitgeberschiebung

Das unterschiedliche circadianrhythmische Verhalten verschiedener biologischer Funktionen hängt mit ihrer differentiellen "endogenen" und "exogenen" Determiniertheit sowohl im relativen Verhältnis als auch in der Art der Determiniertheit zusammen. Da die Untersuchungsbedingungen in den verschiedenen Arbeiten zur Circadianrhythmik nicht einheitlich sind, lassen sich keine exakten Aussagen über die relative Anpassungsgeschwindigkeit verschiedener Funktionen machen. Es ist aber anzunehmen, daß sie in Abhängigkeit von der Art und Stärke

eines Zeitgebers spezifisch auf bestimmte Zeitgebersituationen reagieren. (Kiesswetter 1988). Die Variable Körpertemperatur zeigt eine geringe Anpassungsgeschwindigkeit und einen kleinen Anpassungsspielraum. Ihr liegt eine starke "endogene" Komponente zugrunde. (Klein, Wegmann 1975; Mills u.a. 1977; Aschoff 1978a; Åkerstedt 1979; Wever 1979).

Anpassungsfähiger an äußere Bedingungen ist die Herzschlagfrequenz. (Kleitmann, Kleitmann 1953; Reinberg u.a. 1975a). Bei Gehse (1980) findet sich für Herzschlag und Körpertemperatur ein vergleichbares Anpassungsverhalten.

Im Vergleich der Tagesrhythmik der Ausscheidung von Kalium und Natrium in Ziehversuchen wird der Kaliumrhythmik eine stärkere "endogene" Komponente zugesprochen. (Lewis, Lobban 1957; Lobban 1965; Mills u.a. 1977). Entsprechend paßte sich die Rhythmik der Natriumausscheidung schneller als die der Kaliumausscheidung an Nachtarbeit an. (Reinberg u.a. 1975a). Bei Untersuchungen von Kojima und Nijjama (1965) zeigte sich jedoch ein umgekehrtes Verhalten. Die Natriumausscheidung behielt die Tagesrhythmik bei, während sich die Kaliumausscheidung auf die Nachtarbeit umstellte.

Auch bei der Tagesrhythmik der Katecholaminausscheidungen trifft man auf unterschiedliche Einschätzungen. Wever (1979) schreibt ihnen eine hohe endogene Komponente zu, Åkerstedt und Levi (1978) sprechen nur der Adrenalinausscheidung eine endogene, der Noradrenalinausscheidung jedoch hauptsächlich eine exogene Komponente zu. Die Noradrenalinausscheidungsrythmik hängt nach Åkerstedt und Fröberg (1979, 1981) vom Schlaf-Wach-Verhalten ab. Aber auch die relativ schnelle Anpassung der Adrenalinausscheidung nach Zeitverschiebung läßt sich finden. (Kojima, Nijjama 1965; Fröberg u.a. 1972; Reinberg u.a. 1975a; Vokac u.a. 1981).

Entsprechend der Reaktion tagesperiodischer Schwankungen physiologischer Funktionen auf eine Verschiebung von Zeitgebern fällt das Anpassungsverhalten von psychischen Leistungen aus.

Bei Transmeridianflügen in West-Ost-Richtung kommt es in den ersten Tagen nach Zeitgebersverschiebung zu großen Unterschieden in den Anpassungsgeschwindigkeiten der verschiedenen psychologischen Leistungen. Leistungsvariablen, die sich auf komplexe psychische Prozesse beziehen, zeigen eine schnellere Anpassung als Leistungsvariablen mit Bezug auf einfache psychische Prozesse. Damit sind auch die inneren Dissoziationen zwischen verschiedenen psychischen Leistungen in diesen Tagen am größten. (Klein, Wegmann 1975; Folkard u.a. 1978). Die Temperaturrehythmik paßt sich etwas langsamer als die Rhythmik der Leistungsvariablen an. (Klein, Wegmann 1975).

Hinsichtlich der Anpassung physiologischer und psychischer Funktionen werden Flüge in West-Ost-Richtung schlechter als in Ost-West-Richtung vertragen, da eine mit Flügen von West nach Ost verbundene Zeitgeberverkürzungsschift (in bestimmten Grenzen) eine Verkürzung der Periodik der Circadianrhythmik unter 24 Stunden mit sich bringt. Diese

Verkürzung circadianer Perioden spricht jedoch der Tendenz der Circadianrhythmen, unter Freilaufbedingungen eine Periodenlänge von über 24 Stunden anzunehmen, entgegen und führt damit zu inneren Spannungen. Bei großer Zeitgeberverkürzungsschicht (8 Stunden) verlängert sich die Periode des Temperaturrehythmus während sich der Schlaf-Wach-Zyklus verkürzt. (Aschoff, Wever 1981). Es besteht dann mehrere Tage lang ein unnormales Phasenverhältnis zwischen Temperaturrehythmus und Aktivitätsrhythmus bzw. Schlaf-Wach-Zyklus. ("Innere Dissoziation": siehe Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber*). Die Anpassungsvorgänge können aktiv beschleunigt werden. Soziale Isolation führt zu einer längeren Anpassungszeit (Klein, Wegmann 1974), ein straff gegliederter Tagesgang beschleunigt die Umstellung der circadianen Rhythmik psychischer und physischer Funktionen. (Adam u.a. 1972).

Hell-Dunkel-Wechsel mit Licht starker Intensität und Schlaf-Wach-Zyklen als Zeitgeber für die Circadianrhythmik des Menschen

Nach der zuerst vertretenen Annahme, für den Menschen gälten eher die soziale Umwelt und das Zeitbewußtsein als Zeitgeber für die Synchronisation der Circadianrhythmik (Wever 1979; Aschoff und Wever 1976), kam man in den letzten Jahren zu dem Schluß, daß die humane circadiane Rhythmik durch Licht bedeutend stärker beeinflusst wird als vorher anerkannt wurde. (Czeisler u.a. 1989). Das Umdenken begann mit der Entdeckung, daß nur Licht hoher Intensität (ab ca. 2500 lux) die nächtliche Melatoninsekretion beim Menschen ganz unterdrücken kann und daß niedrigere Lichtintensitäten, wie sie für eine Beeinflussung der Circadianrhythmik von Labortieren erfolgreich angewendet wurden, für eine starke Beeinflussung der Circadianrhythmik des Menschen nicht ausreichen. (Lewy u.a. 1980).

Bei der Einschätzung der Relevanz der verschiedenen Zeitgeber für menschliche circadiane Rhythmen oder ihrer relativen Bedeutung untereinander bestehen zum Teil noch erhebliche Unklarheiten. Als Zeitgeber für Menschen gelten Schlaf-Wach-Zeitpläne, Essenszeitpläne, das Zeitbewußtsein, soziale Bedingungen, Hell-Dunkel-Zyklen oder Temperaturzyklen der Umgebung. (Eastman 1990).

Wie schwierig es ist zu entscheiden, wodurch Effekte der Circadianrhythmik ausgelöst werden, mag am Beispiel der Hell-Dunkel-Zyklen und Schlaf-Wach-Zyklen verdeutlicht werden:

Sowohl Schlaf-Wach-Zeitpläne als auch Hell-Dunkel-Zyklen mit Licht hoher Intensität können Zeitgeber für humane Circadianrhythmik sein. Problematisch wird es dadurch, daß ein Hell-Dunkel-Wechsel einen Schlaf-Wach-Rhythmus hervorbringen und auch umgekehrt ein Schlaf-Wach-Zyklus einen Hell-Dunkel-Wechsel bedingen kann. Unter natürlichen Umständen werden menschliche Circadianrhythmen wahrscheinlich durch viele Zeitgeber beeinflusst. (Eastman 1990).

Das menschliche circadiane System reagiert auf Lichteinwirkungen abgestuft: Hell-Dunkel-Zyklen mit künstlichem Licht hoher Intensität (Stärken zwischen 2000 und 3000 lux) konnten die Periode der menschlichen Circadianrhythmik bis zu einer Dauer von 29 Stunden ausdehnen und somit als starke Zeitgeber wirken, während Hell-Dunkel-Zyklen mit Licht geringer Intensität (Stärken um 500 lux - das entspricht einer normalen Zimmerbeleuchtung) als schwächere Zeitgeber nur eine Periodendauer der Circadianrhythmik von 27 Stunden hervorbringen konnten, da sie angeblich lediglich informative oder soziale Effekte erzeugen und über die dadurch hervorgerufenen Schlaf-Wach-Zeitpläne auf die Circadianrhythmik einwirken konnten. (Wever 1983).

Die Breite des Entrainments (Ziehbereich eines Zeitgebers) der Circadianrhythmik des Menschen betrug unter Anwendung von Zeitgebern in Form von Schlaf-Wach-Zeitplänen oder Hell-Dunkel-Zyklen (Zimmerbeleuchtung) mit und ohne Gong ± 2 Stunden um die freilaufende Periode. Die Entrainmentbreite konnte auf ± 4 Stunden um die freilaufende Periode der Circadianrhythmik ausgedehnt werden, wenn anstelle der oben genannten Zeitgeber Licht hoher Intensität zur Anwendung kam. (Wever 1982, 1985b, 1986; Wever u.a. 1983).

Die Ergebnisse sprechen nach Eastman (1990) dafür, daß ein Einfluß des Zeitgebers Licht hoher Intensität auf den Circadianrhythmus des Menschen stärker ist als ein Einfluß eines Schlaf-Wach-Planes.

Eine Kombination eines Hell-Dunkel-Zyklus (mit Licht hoher Intensität) mit einem Schlaf-Wach-Schema scheint als Zeitgeber additive Wirkung zu haben. (Wever 1989).

Czeisler u.a. (1989) formulierten nach Beobachtung einer gleichsinnigen Verschiebung von drei circadianen Rhythmen (Körpertemperatur, Plasma-Cortisol-Spiegel, Urinausscheidung) nach Einwirkung von Licht hoher Intensität die Vermutung, daß ein Hauptschrittmacher der humanen Circadianrhythmik phasenverschoben wurde, was für eine starke Potenz des Lichtes als Zeitgeber sprechen würde.

Eastman (1990) vermutete auf Grund der von ihm zusammengetragenen Literatur, daß beim Menschen Lichteinwirkungen hoher Intensität zu Phasenverschiebungen der Circadianrhythmik führen, deren Verschiebungsrichtung und -stärke abhängig vom Zeitpunkt des Lichtreizes in Relation zur Phase der Circadianrhythmik sind, wenn auch die genaue Form einer hypothetischen Phase-Response-Curve bisher nicht bekannt ist.

Die Antwort eines Circadianrhythmus auf eine Zeitgebereinwirkung erfolgt allgemein in Form einer Verschiebung seiner Phase im Sinne einer sogenannten Phase-Response-Curve. Bei Tieren wurden entsprechende Phasenverschiebungen der circadianen Rhythmik (selbst auf normales bzw. gedämpftes Raumlicht hin) nachgewiesen. (De Coursey 1960; Pittendrigh 1981). Beim Menschen dürfte eine morgendliche Bestrahlung zu einer Vorverlegung der Phase, eine abendliche Lichteinwirkung zu einer Verzögerung der Phase und eine Bestrahlung am Mittag zu keiner Verschiebung der Phase der Circadianrhythmik führen. (Eastman 1990).

Bei Czeisler u.a. (1989) folgte die größte Phasenverschiebung, wenn die Lichtanwendung in der subjektiven Nacht eingesetzt wurde. Phasenverlegungen folgten einer Lichtapplikation im späten Teil der subjektiven Nacht (nach dem Minimum der Körpertemperatur) und Phasenverzögerungen traten nach Lichtanwendung im frühen Teil der subjektiven Nacht (vor dem Minimum der Körpertemperatur) auf. Wurde die Lichtanwendung in den subjektiven Tag gelegt, kam es nur zu kleinen Phasenverschiebungen der Circadianrhythmik.

Czeisler u.a. (1989) stellten fest, daß trotz eines konstant gehaltenen Schlaf-Wach-Zeitplanes unter Anwendung abendlichen Lichts hoher Intensität die endogene Komponente der Körpertemperatur und die Rhythmik der Plasma-Cortisolkonzentration phasenverschoben wurden. Ein Schlaf-Wach-Zeitplan allein (ohne Anwendung von Licht hoher Intensität) machte nur eine geringere Verschiebung der Phasen. (Czeisler u.a. 1986). Lichteinwirkung ca. 2-3 Stunden vor der Aufwachzeit (also zur Zeit des Temperaturminimums) führte zu einer Umkehr des Schlaf-Wach-Modus.

Auch die Ergebnisse der Untersuchung von Dijk u.a. (1987) weisen in diese Richtung: Eine Lichtanwendung von 2000 lux über 3 Tage von jeweils 06.00 bis 09.00 Uhr (das entspricht dem späten Teil der subjektiven Nacht) ließ das Temperaturminimum 1 Stunde früher erscheinen und die Aufwachzeit am 4. Tag signifikant 1 Stunde früher eintreten.

Honma u.a. (1987a) konnten den freilaufenden Temperatur- und Aktivitätsrhythmus bei zwei Probanden in einer Isolationseinheit allein durch Anwendung hellen Lichts (5000 lux) auf einen 24-stündigen Hell-Dunkel-Zyklus einstellen, ohne andere Zeitgeber einzusetzen. Die beiden Versuchspersonen mußten dabei auch keinem Schlaf-Wach-Plan folgen, da Zimmerbeleuchtung zusätzlich vorhanden war und die Schlafstellen auch während der Helligkeitsphasen abgedunkelt (500 lux) waren. Es bestanden allerdings völlig unterschiedliche Phasenbeziehungen der Circadianrhythmen der beiden Probanden gegenüber dem Hell-Dunkel-Zyklus.

Wie schon angedeutet (siehe Kapitel 3.2: *Circadiane Rhythmen*) liegt ein möglicher Angelpunkt der Abhängigkeit der Circadianrhythmik vom Lichteinfluß in der Verbindung zwischen einer Lichteinwirkung auf die Netzhaut des Auges und der Sekretion von Melatonin durch die Glandula pinealis. (Wetterberg 1990). Ein Zusammenhang läßt sich mit geringem Aufwand überprüfen: Die Bestimmung der Melatoninsekretion ist wenig aufwendig, denn die Ausscheidung von 6-Hydroxy-Melatonin-Sulfat mit dem Harn (Arendt u.a. 1985) gilt als guter Index für die Melatoninproduktion. Es handelt sich bei der Verbindung um den Hauptmetaboliten des Melatonins beim Menschen. (Jones u.a. 1969; Fellenberg u.a. 1980).

Die Melatoninsekretion unterliegt einem stabilen Tagesgang wie Untersuchungen mit 68-stündiger Schlafdeprivation belegen. (Åkerstedt u.a. 1979). Das Melatonin bewirkt in niedrigen Dosen Müdigkeit (Arendt u.a. 1985) und spielt in Abhängigkeit von Hell-Dunkel-Wechseln eine Rolle bei der Entwicklung von Schlaf-Wach-Mustern. (Broadway, Arendt

1986). Die nächtliche Sekretion läßt sich durch Einwirkung von Licht hoher Intensität (2500 lux; Lewy u.a. 1980) supprimieren, jedoch kommt es beim Fehlen von Hell-Dunkel-Zyklen, wie bei einer Untersuchung von Griffiths u.a. (1986) im Laufe eines Jahres in der Antarktis mit den entsprechenden jahreszeitlich unterschiedlichen Tageshelligkeiten gefunden wurde, nicht zu unterschiedlich hohen Melatoninausscheidungen.

Diesem Befund widersprechen Ergebnisse von Arendt u.a. (1977) sowie Wirz-Justice und Arendt (1979), die eine jahreszeitliche Variation der Melatoninsekretion fanden.

Licht hoher Intensität führt nach Arendt und Broadway (1986) beim Menschen zu einer Phasenverschiebung des Melatoninrhythmus und nicht wie bei jahreszeitlich aktiven Tieren zu einer veränderten Dauer der Melatoninsekretion: Der Melatoninrhythmus antwortete auf antarktisches Sommerlicht wie auf künstliches Licht hoher Intensität (Anwendung von 2500 lux jeweils von 08.00 bis 09.00 Uhr und 19.30 bis 20.30 Uhr) in der antarktischen Winterzeit mit einer Phasenverlegung um 2 Stunden gegenüber der Melatoninphase in der Winterzeit ohne Anwendung hellen Lichts. Gedämpftes Licht hatte keinen Phaseneffekt.

Mit einem Phasenverschiebung des Melatoninrhythmus (160° advance = Vorverlegung, 200° delay = Verzögerung) nach einer 1-wöchigen Nachtwache in der winterlichen Antarktis gingen für die Zeit des Reentrainments von 3 Wochen Dauer erhebliche Schlafstörungen einher. Schlafstörungen traten im Frühjahr nach einer entsprechenden Nachtwache nicht auf. Das Reentrainment dauerte nur eine Woche. Offensichtlich war die Kombination von Tageslicht und anderen Zeitgebern kräftiger als die Kombination gedämpften Stationslichtes (unter 500 lux) mit anderen Zeitgebern und führte daher schneller zum Abschluß des Reentrainmentvorganges. Ein Kausalzusammenhang zwischen verschobenem Melatoninrhythmus und Schlafstörungen ist bisher noch nicht geklärt. (Broadway, Arendt 1986).

Im Zusammenhang mit der Verbindung Melatonin und Müdigkeit sei noch erwähnt, daß die Tageskurve der Müdigkeit sich invers zur Tageskurve der Körpertemperatur und damit gleichlaufend zur Tageskurve der Melatoninkonzentration verhält. Der höchste Müdigkeitswert fällt unter normalen Verhältnissen mit dem Temperaturminimum um 04.00 bis 06.00 Uhr früh zusammen. Mit steigender Temperatur am Vormittag wird die Müdigkeit abgeschwächt. Das gilt auch unter Schlafdeprivation. (Åkerstedt, Gillberg 1982).

Die Schlaflänge ist dann kurz, wenn der Schlafbeginn im Bereich der ansteigenden Körpertemperaturkurve liegt. Die Schlaflänge beruht demnach auf der Relation des Schlafbeginns zum Temperaturzyklus (Czeisler u.a. 1980; Zulley u.a. 1981) und damit unter normalen Bedingungen auch auf der Relation zum Melatonin- und Müdigkeitsrhythmus:

Abnehmende Melatoninsekretion, abnehmende Müdigkeit, ansteigende Körpertemperatur und der Beginn eines kürzeren Schlafes fallen zeitlich zusammen.

Anstelle mit künstlichem Licht hoher Intensität zu arbeiten hielten Lewy u.a. (1984, 1985) ihre Probanden zu bestimmten Zeiten vom Sonnenlicht fern. Diese Studie belegte als eine der ersten, daß Licht starker Intensität nötig ist, um den menschlichen Circadianrhythmus in seiner Phase zu beeinflussen.

Während die Probanden in den zwei Wochen der Testzeit um 16.00 Uhr in ihrer Unterkunft erscheinen mußten, durften sie in der 2. Woche diese erst um 09.00 Uhr verlassen. Der hierdurch bedingte relativ frühe künstliche Eintritt der Abenddämmerung brachte in der ersten Woche eine allmähliche Phasenvorverlegung des Melatonin-Rhythmus und in der zweiten Woche zusammen mit dem künstlich verspäteten Morgengrauen eine Phasenverspätung des Melatonin-Rhythmus mit sich. Die Schlafzeit war bei dieser Studie von 23.00 bis 06.00 Uhr festgelegt. Es ist denkbar, daß auch durch dieses Schlaf-Wach-Schema die Phasenvorverlegung des Melatonin-Rhythmus in der ersten Testwoche mitbedingt wurde, da die festgelegte Beendigung der Schlafzeit in bezug zur gewohnten Aufwachzeit früher liegen bzw. hierdurch eine frühzeitigere Sonnenlichtexposition möglich werden konnte.

In einer späteren Studie setzten Lewy u.a. (1987, 1988) sieben gesunde und acht an Winterdepression leidende Versuchspersonen entweder von 06.00 bis 08.00 Uhr oder von 20.00 bis 22.00 Uhr oder zu beiden Zeiten einer 2-stündigen Anwendung von Licht mit 2500 lux Intensität aus. Geschlafen werden durfte nur von 22.00 bis 06.00 Uhr. Nach der ersten Woche ohne Bestrahlung stellte sich vermutlich wegen einer möglicherweise vorverlegten Schlafzeit bei Gesunden wie Kranken eine um 1/2 bis 1 Stunde frühere Phase des Melatonin-Rhythmus ein. Nach der zweiten Woche mit morgendlicher Bestrahlung verfrühte sich die Phase bei den Kranken signifikant um eine weitere Stunde. Bei den Gesunden kam es zu keiner weiteren Phasenverfrühung. Ebenfalls nur bei den Kranken zeigte sich nach der dritten Woche mit abendlicher Bestrahlung eine signifikante Verspätung der Phase des Melatonin-Rhythmus um eine Stunde im Vergleich zur Phasenlage nach der ersten Woche. Der Vergleich der Ergebnisse der Morgenlicht- und Abendlichtbestrahlungen zeigte signifikante Phasenunterschiede für alle beteiligten Probanden. Bei der Kombination von Abendlicht und Morgenlicht lagen die Phasen des Melatonin-Rhythmus zwischen den Phasenlagen, die nach Morgen- oder Abendlicht erzeugt wurden. Die Ergebnisse belegen eine PRC des Menschen nach Anwendung von Licht hoher Intensität insbesondere dann, wenn eine Winterdepression vorliegt.

Ein besonders gutes Ansprechen von Patienten mit Winterdepression auf Lichteinwirkungen geht auch aus den Ergebnissen der Studie von Terman u.a. (1988) hervor. 5 Patienten wurden abendlichem (18.00 bis 20.00 Uhr) und morgendlichem (06.00 bis 08.00 Uhr) Licht mit einer Intensität von jeweils 2500 lux ausgesetzt. Eine Vorverschiebung des Melatonin-Rhythmus um 2 Stunden wurde der morgendlichen Bestrahlung zugemessen. Der Schlaf-Wach-Rhythmus hatte sich jedoch auch um ca. 2 Stunden vorverschoben. Deshalb könnte der Melatonin-Rhythmus sowohl durch das Licht als auch den Schlaf-Wach-Rhythmus oder Licht und Schlaf-

Wach-Rhythmus als Zeitgeber beeinflusst worden sein. Die abendliche Bestrahlung schien in eine resistente Phase der PRC gefallen zu sein.

Wie sehr die Circadianrhythmik von jahreszeitlich unterschiedlichen Lichteinwirkungen abhängen kann und wie wichtig Licht als Zeitgeber ist, untermauert eine Untersuchung von Broadway u.a. (1987). Die Kurve des Melatonin-Rhythmus von 5 Probanden in der Antarktis zeigte während der Sommerzeit einen um 1 Stunde früheren Verlauf der Phase als im Winter. Nach täglicher Lichtapplikation von 2500 lux Intensität (08.00 bis 09.00 Uhr und 19.30 bis 20.30 Uhr) über einen Zeitraum von 6 Wochen während des Winters stellte sich eine Phasenverschiebung von 2 Stunden ein. (Vergleiche Arendt u. Broadway 1986, siehe oben).

Auf jahreszeitliche und latitudinale Unterschiede in der Intensität des natürlichen Lichts und seine Bedeutung für das Circadiansystem des Menschen wiesen Simpson und Bohlen (1973) sowie Wetterberg (1990) hin.

Simpson und Bohlen gingen davon aus, daß im Gegensatz zu äquatorialen Gebieten in polaren Regionen die 24-Stunden-Periode des Tageslichts eine minimale Amplitude und die Jahresperiode der Lichtschwankung eine maximale Amplitude besitzt. Bei einem Einfluß des Tageslichts auf das Circadiansystem des Menschen kann man neben äquatorialen und polaren Unterschieden besonders in polaren Regionen eine jahreszeitliche Variation der Phasenlage und der Amplitudengröße der Circadianrhythmik erwarten. In polaren Gebieten sind zur Zeit der Sonnenwenden Phasenverspätungen zu erwarten, da dann ja keine natürlichen Hell-Dunkel-Zyklen mit einer Periode von 24 Stunden existieren, die die Circadianrhythmik synchronisieren könnten. Als korrigierende Zeitgeber wurden ein festes soziales Schema, Zeitbewußtsein und die Verfügbarkeit künstlichen Lichts (in der Polarnacht) angesehen.

In der Tat fanden sich Hinweise auf eine Beeinflussung des humanen Circadiansystems durch latitudinal bedingte unterschiedliche Lichteinwirkungen. Die Tagesausscheidungskurven für Kalium polarer und äquatorialer Regionen zur Zeit des Sommers unterschieden sich durch eine große Amplitudendifferenz und die Akrophasen lagen in der Arktis bezogen auf die Schlafmitte um ca. 3 Stunden später. Die Körpertemperaturakrophasen von Eskimos traten zur Zeit der Sonnenwenden gegenüber Frühjahr oder Herbst um ca. 2 Stunden später auf. Die Amplituden der Temperaturkurven waren im Sommer und Winter gedämpft.

Wetterberg (1990) schloß aus der Tatsache, daß in verschiedenen Untersuchungen (Åkerstedt u.a. 1979; Wetterberg 1978; Lewy u.a. 1980; Bojkowski u.a. 1987) in Abhängigkeit von der geographischen Breite der Untersuchungsorte unterschiedlich starke Lichtintensitäten zur Supprimierung der Melatoninsekretion erforderlich waren, auf eine latitudinale und auch jahreszeitliche Abhängigkeit der Wirkung von Licht auf hormonale Konzentrationen und Rhythmen. Nach Meinung des Autors wurden die Untersuchungsergebnisse durch die unterschiedlichen Breitengradabhängigen Tageslichtverhältnisse beeinflusst.

Reinberg u.a. (1984) fanden im arktischen Sommer keine Veränderungen der Circadianrhythmik (Periode, Akrophase) der Mundtemperatur, des Müdigkeits- und des Aktivitäts-Ruhe-Rhythmus. Dies Ergebnis konnte mit sozialen Zwängen als Zeitgebereinfluß erklärt werden.

Eastman (1990) machte darauf aufmerksam, daß die stärksten PRC auf Licht in Isolationseinheiten erzeugt wurden (Phasenverschiebungen von mehr als drei Stunden). Er vermutete, daß hierbei möglicherweise interferierende natürliche 24-Stunden-Zeitgeber ausgeschaltet wurden.

Honma u.a. (1987b) erzeugten eine PRC auf Licht, indem sie in einer Isolationseinheit mit frei verfügbarem Licht (300 bis 500 lux) vier mit ihrer Circadianrhythmik frei laufende Probanden einer morgendlichen 3- bis 6-stündigen Beleuchtung mit Licht hoher Intensität unterzogen. Es resultierten Phasenvorverlagerungen des Körpertemperatur- und Schlafrythmus von vier bis sieben Stunden. Abendliches Licht hoher Intensität (5000 lux) führte jedoch auch hier nicht zur erhofften Phasenverzögerung. Eine Erklärung hierfür mag in der Möglichkeit liegen, daß sich die Versuchspersonen der abendlichen Beleuchtung entziehen konnten.

Ebenfalls in einer Isolationseinheit versuchten Minors u.a. (1990) eine PRC auf Licht hoher Intensität zu erzeugen, indem sie nach 5 Tagen mit festem 24-stündigem Schlaf-Wach-Zeitplan einmalig Licht anwendeten. Getestet wurden Lichtstärken von 5000 lux über eine Zeit von drei Stunden nach dem Aufwachen, von 10.000 lux über eine Stunde Dauer mit Beginn zwei Stunden vor der normalen Aufwachzeit und von 5000 lux mit Beginn drei Stunden vor der Schlafzeit über eine Zeit von drei Stunden Dauer. Enttäuschend brachte Morgen- und Abendlicht sowohl Phasenverschiebungen der Circadianrhythmik im Sinne einer Verfrühung als auch Verspätung hervor. Die Autoren versuchten die Ergebnisse damit zu erklären, daß sich die Phasenverschiebungen nach Lichteinwirkung mit Phasenverschiebungen überlagern konnten, die durch die Situation entstehen konnten, daß die auf 24 Stunden eingestellten Circadianrhythmen nach dem einmaligen Lichtreiz in eine Freilaufsituation eintraten.

Wever (1989) erzeugte eine PRC durch einen absoluten Hell-Dunkel-Zyklus und ein Schlaf-Wach-Schema mit Gongzeichen als Zeitgeber. Die Dauer der Lichteinwirkung betrug ca. $\frac{2}{3}$ der gesamten Zeitgeberperiode (also mehrere Stunden). Dadurch wirkte das Licht nacheinander auf verschiedene Phasen der Circadianrhythmik ein. Eine maximale Phasenvorverlegung der PRC entstand, wenn die Mitte der Lichteinwirkung kurz vor dem Temperaturminimum lag. Eine maximale Phasenverzögerung trat ein, wenn der Mittelpunkt der Lichteinwirkung mit dem abfallenden Schenkel der Temperaturkurve zusammenfiel.

Eine starke Abflachung der circadianen Amplitude und starke Phasenverschiebungen entstanden in Untersuchungen von Czeisler u.a. (1987, 1988) nach mehrfach wiederholten Lichteinwirkungen hoher Intensität von vier bis fünf Stunden Dauer und über ca. drei Tage an zuvor einem Entrainment unterzogenen Probanden. Kombiniert mit den Lichtzyklen (helles, gedämpftes Licht, Dunkelheit) wurden systematisch verschobene Schlaf-Wach-Zeitpläne.

Eastman (1990) verband in seinen Untersuchungen (Eastman 1985, 1986, 1987a, b, c, 1988 und in Vorbereitung) an 24 Probanden einen 26-Stunden-Schlaf-Wach-Zeitplan mit dem normalen Tagesablauf der Versuchspersonen, soweit dies möglich war. Es wirkten also weiterhin die Zeitgeber des normalen sozialen Lebens und anderer Zeitgeber, die den Circadianrhythmus auf einen 24-Stunden-Tag synchronisieren wollen, auf die Probanden ein. Neben dem Einfluß des natürlichen Tageslichtes kam Morgen- bzw. Abendlicht (ca. 2000 bis 4000 lux) zur Anwendung. Abendlicht über zwei Stunden direkt vor der Schlafzeit wurde mit einer 6-stündigen Abstinenz von Sonnenlicht nach dem Aufwachen und Morgenlicht über zwei Stunden nach dem Aufwachen mit einer 6-stündigen Abstinenz von Sonnenlicht vor der Bettzeit kombiniert. Die Abendlicht-Bedingung sollte eher ein Entrainment zum 26-Stunden-Tag unterstützen, da das Licht im Bereich des Verzögerungsteils der PRC zur Wirkung kommen konnte. Die Morgenlicht-Bedingung hingegen war eher geeignet, mit dem durch den Schlaf-Wach-Zeitplan hervorgebrachten 26-Stunden-Entrainment zu interferieren, da das zur Anwendung kommende Licht-Zeit-Muster im Bereich des Vorverlegungsteils der PRC zur Wirkung kommen konnte. Wie erwartet führte Lichtanwendung am Abend (d.h. im Verzögerungsteil der PRC) eher zu einer Verlängerung der Temperaturperiode in Richtung auf den 26-Stunden-Zeitplan als der Einfluß natürlichen Tageslichtes oder die Anwendung von Morgenlicht. Hierbei gab es jedoch große interindividuelle Unterschiede.

Eastman stellte fest, wie schwierig es ist, die 24-Stunden-Zeitgeber der natürlichen Umwelt zu überspielen. Auf der anderen Seite führte eine Kombination eines Schlaf-Wach-Zeitplanes mit einem Hell-Dunkel-Muster (helles, gedämpftes Licht, Dunkelheit) immerhin zu einer teilweisen Verschiebung der Circadianrhythmik in normaler Umwelt.

Eastman (1990) weist darauf hin, daß die Applikation von Licht hoher Intensität für Probleme bei Schichtarbeit, jet-lag und Schlafstörungen, die auf Störungen der Circadianrhythmik basieren, wichtig sein kann. Es sei einfacher, künstliches Licht hoher Intensität zu applizieren als Sonnenlicht auszuschließen. Sonnenlicht kann jedoch ungewünschte Phasenverschiebungen bewirken.

Eine praktische Anwendung findet die Beeinflussung der Circadianrhythmik durch Licht hoher Intensität bereits bei der Therapie der Winterdepression. (Rosenthal u.a. 1988). Hierbei soll nach Lewy u.a. (1987) die phasenverschiebende Potenz des Lichtes die antidepressive Wirkung entfalten.

Schlafstörungen auf Grund Lichtmangels im Winter nördlicher Polarregionen wurden von Lingjaerde u.a. (1985) sowie Lewis u. Lobban (1957) berichtet. Edholm und Gunderson (1973) und Paterson (1975) fanden über das Jahr verteilte Veränderungen der Slow-Wave-Sleep-Muster bei Menschen in polaren Gebieten und ein erhöhtes Auftreten von leichter Depression und Apathie bei Stationspersonal im antarktischen Winter.

Bei den Midwinter-Insomnia genannten Schlafstörungen, die in nördlichen Polargebieten im Winter auftreten können, scheint die Behandlung mit Licht ebenfalls Erfolg zu haben. (Lingjaerde u.a. 1985; Hansen u.a. 1987).

Interessant im Zusammenhang mit der Frage, wie lange Lichtanwendungen zur Beeinflussung der Circadianrhythmik des Menschen andauern sollten, mögen die Arbeiten von Savides u.a. (1986) und Campbell u.a. (1988) sein, die bei jüngeren und älteren Erwachsenen feststellten, von wie geringem zeitlichen Umfang im normalen Leben Sonnenexpositionen sind.

Zu den zum Thema "Beeinflussung der Circadianrhythmik des Menschen durch Licht hoher Intensität in Form einer PRC" vorliegenden Arbeiten muß angemerkt werden, daß sie meistens nur geringe Datenumfänge aufweisen. Oft waren nur wenige Probanden untersucht worden. Auch zeigte die PRC nicht immer die erwarteten Verschiebungen. Die genaue Form der hypothetischen menschlichen PRC auf verschiedene Lichteinwirkungen ist also noch nicht bekannt. Die Vielzahl der Ansätze der bisherigen Untersuchungen reflektiert dieses Problem. Es bleibt deshalb nach Eastman (1990) noch viel zu erforschen, bis man in der Lage ist, optimale Parameter für Licht festzulegen, die eine erwünschte Phasenverschiebung ermöglichen.

3.4 "Chronotypen"

Hinsichtlich tagesperiodischer Verläufe und der Anpassungsfähigkeit von Circadianrhythmen an verschobene Tagesabläufe wurden große interindividuelle Unterschiede festgestellt. (Fröberg 1979; Klein u.a. 1976; Reinberg u.a. 1975a). Besonders zwei Konzepte, die davon ausgehen, daß das interindividuell unterschiedliche Erscheinungsbild der Circadianrhythmik der psychophysiologischen Funktionen endogen determiniert ist, gewannen bei dem Bestreben, eine chronotypologische Zuordnung zu schaffen, an Bedeutung:

Das Morgen-Abendtyp-Konzept von Horne und Östberg (1977), das sich direkt auf circadiane Verlaufsunterschiede bezieht, und das Introversions-Extraversions-Konzept von Eysenck (1981), das auf der Annahme interindividueller Unterschiede im Niveau und in der Schwelle des Arousals basiert. (Eysenck 1967; Oswald 1978; Eysenck 1981).

Diese Modelle wurden meist durch Untersuchungen von Circadianverläufen psychophysischer Funktionen unter normalen Schlaf-Wach-Bedingungen überprüft. Nur ein kleinerer Teil der Untersuchungen beschäftigte sich mit der Adaptationsfähigkeit dieser Circadianverläufe unter nicht normalen Schlaf-Wach-Bedingungen bei Schichtarbeit.

Das Morgen-Abendtyp-Konzept

Der Morgen-Abendtyp-Fragebogen (Horne, Östberg 1976) erwies sich noch am geeignetsten, um chronotypische Unterschiede in der Circadianrhythmik psychophysiologischer Funktionen zu erfassen, und scheint hierfür am häufigsten eingesetzt worden zu sein. Horne und Östberg (1977) konnten mit ihm bei Morgenmenschen im Vergleich zu Abendmenschen eine frühere Phasenlage der Körpertemperatur nachweisen. Signifikante Chronotyp-Unterschiede wurden für die Körpertemperatur, die Adrenalin- und Elektrolytausscheidung, für Leistungseffizienz und die Einschätzung der subjektiven Aktiviertheit gefunden. Keine Chronotyp-Unterschiede fanden sich bisher für die Nöradrenalinausscheidung und die Herzschlagfrequenz. (Literaturübersicht bei Kiesswetter 1988).

Im Vergleich verschiedener Studien wird dargestellt, daß die Differenzen zwischen den Phasen der Körpertemperatur der Chronotypen selten signifikant ausfielen. Mit vergleichsweise höherer relativer Häufigkeit traten signifikante Differenzen bei den Variablen "subjektive Aktiviertheit" und "Phasenlage des Schlafes" auf. Die Phasendifferenzen der Variablen Aktiviertheit und Schlaf erschienen tendenziell größer als die der Körpertemperatur. Chronotypische Unterschiede psychischer Leistungen sind relativ selten festgestellt worden. (Kiesswetter 1988).

Da die differenten Phasenlagen der Morgen- bzw. Abendmenschen mit unterschiedlichen Schlaf-Wach-Gewohnheiten korrelieren (Horne, Östberg 1977; Webb, Bonnet 1978) und unter Schlafdeprivation keine Phasendifferenzen mehr nachzuweisen sind (Fröberg 1977), könnten die verschiedenen Phasenlagen ihrer psychophysiologischen Funktionen durch das unterschiedliche Schlaf-Wach-Verhalten determiniert sein. Das spräche gegen eine endogene Ursache der Phasendifferenzen von psychophysiologischen Circadianrhythmen bei Morgen- und Abendtyp-Menschen. Alternativ hierzu könnte es sich bei Abend- und Morgenmenschen um eine unterschiedlich lange Periodik ihrer endogenen Rhythmik handeln. Die Phasenverzögerung der Rhythmik der Abendmenschen wäre dann Ausdruck einer relativ langen Spontanperiodik über 24 Stunden. (Åkerstedt, Fröberg 1976; Östberg 1973, 1976).

Die Frage, ob oder inwieweit chronotypische Unterschiede exogen oder endogen bedingt sind, ist noch nicht beantwortet. (Kiesswetter 1988).

Eine Aussage zur unterschiedlichen Anpassungsfähigkeit der Chronotypen an Schichtarbeit erscheint nach Kiesswetter (1988) zur Zeit verfrüht. Ferner hält er die Frage für nicht geklärt, ob eine Abflachung circadianer Rhythmen, wie sie bei Abendtypen während Nachtarbeit auftreten kann (Hildebrandt, Stratmann 1979; Stratmann 1979; Gehse 1980; Breithaupt 1982), als Zeichen einer besseren Anpassung an Schichtarbeit angesehen werden kann.

Introversion-Extraversion

Bezüglich des Introversions-Extraversion-Konzeptes fanden sich sowohl positive Beziehungen für mentale Leistungen, Körpertemperatur und Drogen-Effekt (Blake 1967; Blake 1971; Colquhoun und Corcoran 1964; Revelle u.a. 1980) als auch negative Ergebnisse für Körpertemperatur und mentale Leistungen (Gale u.a. 1972; Erne 1976; Horne, Östberg 1977; Westhoff, Krull-Wittkopf 1978). Eine Vorhersage tageszeitlicher Unterschiede von psychophysiologischen Funktionen Introvertierter und Extravertierter ist nach Blake und Corcoran (1972) mit Hilfe des Introversions-Extraversion-Konzeptes nicht möglich.

Entsprechend der vermuteten besseren Anpassungsfähigkeit von Abendtypen an Nachtarbeit wurde auch für Extravertierte eine solche angenommen. Colquhoun und Folkard (1978) untersuchten Nachtschwestern hinsichtlich dieser Frage. Erst nach Ergänzung des Unterscheidungsmerkmals "Intro-, Extravertiertheit" durch den Gruppenfaktor "Neurotizismus" konnten Unterschiede festgestellt werden: Die Gruppe der "neurotisch Introvertierten" zeigte während der Nachtarbeit einen stärkeren Temperaturabfall als die Gruppe der "neurotisch Extravertierten". Keine Unterschiede zwischen Intro- und Extravertierten fanden sich in den Gruppen mit geringem Neurotizismus.

In einer Laborstudie von Colquhoun und Condon (1981) unterschieden sich Intro- und Extravertierte: Es traten signifikante Unterschiede der Temperaturakrophasen am 6./7. und 11./12. Nachtschichttag auf. Bei Extravertierten hatte sich die Akrophase um 9 Stunden entsprechend einer Versetzung des Schlaf-Wach-Zyklus verschoben, bei Introvertierten betrug die Phasenverschiebung nur 4 Stunden.

Vergleich der Chronotypologien

Die Hypothese einer Übereinstimmung von Extravertierten mit Abendtypen sowie von Introvertierten mit Morgentypen wurde nach den Ergebnissen von Blake (1967) formuliert, der Differenzen des Tagesverlaufes der Körpertemperatur zwischen Intro- und Extravertierten gesehen hatte. Allerdings ließ sich diese Übereinstimmung in mehreren Untersuchungen auf Fragebogenebene nicht bestätigen. (Horne, Östberg 1977; Moog 1981; Patkai u.a. 1973; Torsvall und Åkerstedt 1980; Webb und Bonnet 1978). Eine gemeinsame signifikante Varianz fanden Folkard u.a. (1979) und Patkai (1971). Nach Kiesswetter (1988) scheinen die chronotypologischen Konzepte wenig gemeinsam zu haben, zumal schon auf der Ebene der Fragebögen kaum Gemeinsames gefunden werden kann.

3.5 Jahresrhythmen

(Übersichten bei Aschoff 1981a: Biologische Uhren und 1982: Rhythmische Lebensprozesse; Aschoff, Knauth, Rutenfranz 1987: Biologische Rhythmen; Knauth, Kiesswetter, Rutenfranz 1981: Rhythmen im Leben)

Bei Pflanzen und Tieren sind zahlreiche Jahresrhythmen biologischer Funktionen beobachtet worden. (Bünning 1977; Rensing 1973; v.Mayersbach 1978). Als Zeitgeber gelten geophysikalisch bedingte Faktoren wie Temperaturveränderungen und wechselnd lange Photoperioden im Laufe der Jahreszeiten.

Da man einen endogenen Jahresrhythmus nur nachweisen kann, wenn dieser bei konstanten Bedingungen über mehrere Jahre fortbestehen bleibt, kann man für den Menschen den direkten Nachweis eines solchen Rhythmus aus ethischen Gründen nicht erbringen, denn das würde praktisch die Isolation eines Individuums von allen Einflüssen der natürlichen Umwelt über Jahre hin erfordern. (Knauth u.a. 1981). Deshalb muß nach Hildebrandt (1976) die Frage offenbleiben, ob die biologische Jahresrhythmik wie die Circadianrhythmik eine integrierte Komponente der menschlichen Zeitorganisation ist oder ob sie durch unsere technologische Zivilisation zur Bedeutungslosigkeit nivelliert wurde.

Bei Reinberg u.a. (1975b) und Reinberg u. Lagoguey (1978a, 1978b) finden sich Hinweise dafür, daß die Circadianrhythmik physiologischer Funktionen circannualen Variationen unterliegt. Im Plasma wurden jahreszeitabhängig unterschiedliche Spiegel von FSH, LH, Thyroxin, Cortisol, Renin-Aktivität und Testosteron gemessen, im Urin stellten sie Schwankungen von 17-OHCS, Aldosteron, Kalium sowie des Urvolumens fest. Auch in Hinsicht auf sexuelle Aktivität ließ sich eine Jahresschwankung mit einer Akrophase im Herbst feststellen.

Jahreszeitliche Variationen der Körpertemperatur konnten Touitou u.a. (1986) an älteren Menschen nachweisen und Reinberg u.a. (1980) wiesen für Leukozyten, Protein und Immunglobuline eine jahreszeitliche Schwankung nach. Klöppel (1979) konnte eine circannuale Abhängigkeit für die circadianen Akrophasen der Rektaltemperatur, der Herz- und Atemfrequenz sowie verschiedener Substanzen im Urin aufzeigen, Seifert (1960) machte auf die Saisonabhängigkeit des Serum-Antistreptolysintiters aufmerksam und Gutjahr u.a. (1978) wiesen auf die jahreszeitlichen Unterschiede von EEG-Merkmalen hin.

Statistische Erhebungen über die Morbidität und Mortalität, die Geburtenzahlen bzw. Konzeptionshäufigkeit und Selbstmordraten einer Bevölkerung geben einen besonders eindrucksvollen Aufschluß über einen Jahresgang dieser Ereignisse und damit einen Anhalt für

die Existenz einer biologischen Jahresrhythmik des Menschen, weil man mit diesen demographischen Daten im Gegensatz zu den oben genannten Jahresschwankungen physiologischer Funktionen ganze Jahrzehnte überschauen kann.

Die Mortalität aufgrund von cerebralen Gefäßerkrankungen, Herzkrankheiten und Infektionskrankheiten ist besonders in den Wintermonaten hoch (Reinberg u.a. 1973; Smolensky u.a. 1972; Aschoff 1981c), die Hauptkonzeptionszeit liegt in der Frühlings- bis Sommerzeit und die meisten Selbstmorde geschehen im Sommer. (Aschoff 1981c, zitiert in Aschoff 1982).

Auf der Südhalbkugel finden die oben genannten demographischen Ereignisse den Jahreszeiten entsprechend um ein halbes Jahr verschoben statt.

Die circannuale Rhythmik ist auch vom Breitengrad abhängig. Die Amplitude der Jahres-schwingung (das ist die Differenz zwischen dem Maximalwert und dem Mittelwert einer Sinuskurve, die den Originaldaten angepaßt wurde) nimmt vom Äquator bis zu nördlichen und südlichen mittleren Breiten hin zu, um dann in höheren Breiten wieder abzunehmen. Dies läßt sich am Beispiel der Mortalität gut zeigen. Auch die Akrophasen (d.h. die maximalen Häufigkeiten) der Konzeptionen zeigen eine Abhängigkeit vom Breitengrad.

Keinen Einfluß hat die geographische Breite auf die Akrophasen von Selbstmorden und Mortalität.

Die Akrophase der Mortalität liegt auf der nördlichen Halbkugel überall im Januar und auf der Südhalbkugel im Juli. Der Wechsel der Häufungsmonate findet allerdings nicht am Äquator sondern ca. 20° nördlicher Breite statt, wo man die Existenz eines sogenannten "biologischen Äquators" vermutet. (Aschoff 1981c, zitiert in Aschoff 1982).

Simpson und Bohlen (1973) wiesen in ihrer Arbeit zur Abhängigkeit des Circadiansystems von der geographischen Breite auf die Wichtigkeit des Lichteinflusses hin. Die Amplituden der Körpertemperatur nahmen vom Äquator zu mittleren Breiten hin zu und wurden in höheren Breiten wiederum gedämpft. In hohen nördlichen Breiten fanden sich außerdem Akrophasenverschiebungen der Körpertemperatur während der Sonnenwendzeiten. (Siehe Kapitel 3.3: *Hell-Dunkel-Wechsel mit Licht starker Intensität und Schlaf-Wach-Zyklen als Zeitgeber für die Circadianrhythmik des Menschen*).

Hinsichtlich der Annahme der biologischen Begründbarkeit einer circannualen Rhythmik beim Menschen haben besonders die demographischen Daten weitergeholfen. Auch wenn die Jahresperiodik als menschliche Zeitorganisation durch zivilisatorische Überlagerungen an Bedeutung verloren haben mag, übt sie ihren Einfluß weiterhin aus.

4 Die Untersuchung

4.1 Anmerkungen zur Planung und Durchführung der Untersuchung

Auf Initiative des Leiters der Abteilung Arbeitsphysiologie II des Institutes für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund, Prof. Dr. Dr. Rutenfranz (†) wurde im Dezember 1984 mit dem zukünftigen Überwinterungsarzt der GVN-Station kurzfristig vereinbart, eine gemeinsame Untersuchung zum Thema "Jahreszeitliche Variationen der Circadianrhythmik der Körpertemperatur und der Befindlichkeit" in der Antarktis durchzuführen.

Eine Einweisung des Überwinterungsarztes in die Thematik der Circadianrhythmik und zur Methodik der Datenerhebung sowie die Übergabe von Fragebogenmaterial und Mundbodenthermometern fand kurz vor seiner Abreise in die Antarktis statt.

Beschreibung der Stichprobe

An den vorliegenden Erhebungen nahmen die vier Wissenschaftler und der Arzt der Überwinterungsmannschaft auf freiwilliger Basis teil. Leider stellten sich die vier Seeleute nicht zur Verfügung. (Siehe Kapitel 2.1: *Die Vorbereitungszeit*). Auch die vier Wissenschaftler hegten gegenüber der Untersuchung Vorbehalte, die jedoch in einem Gespräch mit dem Überwinterungsleiter weitgehend ausgeräumt werden konnten. Allerdings wurde ausdrücklich die Wahrung der Anonymität in bezug auf die Auswertung der erhobenen Daten verlangt.

Die berufliche Inanspruchnahme und das Alter der Wissenschaftler bewegte sich in vergleichbaren Größenordnungen. (Siehe Kapitel 2.2: *Tages- und Arbeitsablauf*, Tab. 4.1: *Altersverteilung*). Eine Ausnahme hierzu bot der Überwinterungsleiter, der einerseits eine noch größere Dispositionsfreiheit in bezug auf die von ihm zu erledigenden Routineaufgaben besaß als die Wissenschaftler und andererseits deren mittleres Alter um 8 Jahre und 4 Monate übertraf.

Von den Probanden wurde einmalig im Laufe des Untersuchungszeitraums ein Persönlichkeitsfragebogen (Eysenck 1974: Eysenck-Persönlichkeitsinventar [EPI], Form A in deutscher Bearbeitung) und ein Fragebogen zur Bestimmung des chronotypischen Verhaltens (Horne und Östberg 1976: Morgenmensch-Abendmensch-Fragebogen in deutscher Übersetzung) ausgefüllt.

Der Persönlichkeitstest (Eysenck 1974: EPI) enthält je 24 Items für Neurotizismus und Extraversion/Introversion sowie eine "Lügen-Skala" mit 9 Items. Der Morgenmensch-Abendmensch-Fragebogen (Horne und Östberg 1976) erfragt mit 19 Fragen individuelles chronotypisches Verhalten. (Siehe Tab. 4.2; vergleiche Kapitel 3.4: "*Chronotypen*").

Tab. 4.1 Altersverteilung der Testpersonen (Stand 1.1.1985)

Proband	Alter in Jahren	Durchschnittsalter
VP-2	28,5	VP (2-5): 30,1 Jahre
VP-4	29,9	
VP-3	30,7	
VP-5	31,4	VP (1-5): 31,8 Jahre
VP-1	38,5	

VP (1-5): die Gruppe der Versuchspersonen 1 bis 5

VP (2-5): die Gruppe der Versuchspersonen 2 bis 5

VP-1 bis VP-5: die einzelnen Versuchspersonen

Der jüngste Proband war 28,5 Jahre, der älteste 38,5 Jahre alt.

Das mittlere Alter der untersuchten Überwinterer betrug 31,8 Jahre.

Tab. 4.2 EPI-Fragebogen-Auswertung und Morgenmensch-Abendmensch-Fragebogen-Auswertung (VP = Versuchsperson 1 bis 5)

VP	Neurotizismus	Extraversion-Introversion	Morgentyp-Abendtyp-Wertung
1	3	10	43
2	2	17	44
3	5	13	50
4	7	8	48
5	9	15	47
maximal	24	24 items	Abendtyp 16 - >51< - 86 Morgentyp

In diesen beiden Tests traten keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Probanden auf. Die erreichten Itemzahlen für den Neurotizismus lagen sämtlich im unteren, nicht-neurotischen Bereich. Die erzielten Punktzahlen für die Extraversion-Introversion befanden sich im mittleren, eher neutralen Bereich zwischen Extraversion und Introversion. Auch die Morgentyp-Abendtyp-Wertung fiel für alle Probanden neutral aus. Lediglich eine relative, schwach tendenzielle Beziehung der Versuchspersonen 1 und 2 zum abendtypischen Verhalten sowie von Versuchsperson 2 zur Extraversion oder Versuchsperson 4 zur Introversion könnte herausgelesen werden. (Siehe Tabelle 4.2).

Der "EPI" und der Morgenmensch-Abendmensch-Fragebogen sind populationsabhängig, d.h. es gibt für sie keine festen Dimensionen. Interpretationen sind deshalb problematisch.

Die Ergebnisse dieser beiden Tests stimmen jedoch mit subjektiven Einschätzungen der Probanden durch den Überwinterungsleiter überein. Auch die tageszeitlichen Lagen der Arbeits- und Schlafzeiten belegen für VP-1 und VP-2 eine den oben genannten Tests entsprechende eher abendmenschtypische Verhaltensweise. (Vergleiche Anhang 10.3:

Time-Budget-Studien). Für die Interpretation der Ergebnisse dieser Untersuchung dürfte dies nur geringe Bedeutung haben.

Anleitung zur Datenerhebung und Durchführung der Untersuchung

Am Abend vor der ersten Untersuchungsperiode führte der Überwinterungsarzt mit den anderen vier Probanden ein Einweisungsgespräch, in dem Fragen zur Meßmethode und Protokollführung erläutert wurden. Ferner wurde jedem Probanden für die gesamte Zeit der Untersuchung ein Mundbodenthermometer und eine Anleitungsmappe mit detaillierten Anweisungen zur Durchführung der Messungen und Protokollierungen überlassen. (Siehe Anhang 10.1: *Anleitung und Erhebungsbogen*).

Die Untersuchungsunterlagen für die Time-Budget-Studie, die Körpertemperaturmessungen und die Befindlichkeitsbeurteilungen nach der EWL-N wurden jeweils am Vorabend einer Erhebungsperiode an die Versuchspersonen ausgehändigt und am Tag danach wieder eingesammelt, damit nach Möglichkeit alle Probanden die Erhebungsbögen zur selben Zeit bearbeiteten. Außerdem ließ sich durch diesen Verteilungsmodus die im Laufe des Jahres nachlassende Motivierung einzelner Probanden auffrischen.

Die Bearbeitung erfolgte schriftlich durch die Probanden selbst. Sie zogen sich hierfür in ihre persönlichen Wohnbereiche zurück. Dadurch lagen während des gesamten Untersuchungszeitraumes für die einzelnen Probanden gleichbleibende Bearbeitungsbedingungen vor. Einschränkend gilt, daß in den Monaten Januar und Februar 1985 durch die Anwesenheit der vorjährigen Überwinterer die Wohnräume doppelt belegt waren.

Der Untersuchungszeitraum, die Meßperioden

Da mit der vorliegenden Untersuchung eine Aussage zu tageszeitlichen und jahreszeitlichen Schwankungen der menschlichen Circadianrhythmik gemacht werden sollte, erschien ein möglichst langer Untersuchungszeitraum als wünschenswert. Die Datenerhebung mußte allerdings bis Mitte Dezember 1985 abgeschlossen sein, da sich die Mitglieder der Überwinterungsgruppe an der für die anschließende Zeit geplanten Sommerkampagne auf dem Ekström-Schelfeis, in den Kottas-Bergen und auf dem Ronne-Filchner-Schelfeis beteiligen sollten. Eine ungestörte Weiterführung der Untersuchung wäre in der Sommerkampagnenzeit 1985/86, also im Januar und Februar 1986 nicht gewährleistet gewesen. Deshalb mußte mit der Untersuchung schon kurz nach der Ankunft der Überwinterer in der Antarktis Mitte Januar 1985 begonnen werden. (Siehe Kapitel 2.1: *Der Aufenthalt in der Antarktis*).

Die Erhebungen fanden monatlich während einer 2-tägigen Periode jeweils um die Monatsmitten der Monate Januar bis Dezember 1985 und nach Möglichkeit an vergleichbaren Werktagen statt.

In den 12 Meßperioden wurden Tagesabläufe protokolliert (Time-Budget-Studien: Arbeitszeiten, Schlafzeiten, Schlafqualität) und zu bestimmten Zeiten Angaben zur Körpertemperatur, zur "Befindlichkeit" nach der EWL-N und zur Müdigkeit gemacht.

Die Meßzeitpunkte

Die Messungen fanden in den 12 Monaten des Jahres 1985 während jeweils einer Meßperiode von zwei aufeinander folgenden Tagen statt. Die Meßzeitpunkte (MZP) lagen bei 04.00, 08.00, 12.00, 16.00, 20.00 und 24.00 Uhr. Sie waren von 1 bis 6 nummeriert. Die 5 Probanden konnten gemeinsam in jeder Meßperiode für jeden einzelnen MZP eine Frequentierung von $n = 10$ erreichen. Für die 12 Monate konnten damit maximal 120 Messungen für jeden einzelnen MZP zusammenkommen (siehe Anhang 10.1: *Anleitung und Erhebungsbogen*):

$$5 \text{ Probanden} \times 12 \text{ Monate} \times 2 \text{ Tage} \times 1 \text{ MZP} = 120 \text{ Messungen}$$

4.2 Methodische Probleme bei der Datenerhebung 1: Frequentierung der Meßzeitpunkte

Die Darstellung vollständiger circadianer Temperatur- und Befindlichkeitszyklen war wegen der Schlafphase in den Nachtstunden nicht möglich. Es kam für den Meßzeitpunkt um 04.00 Uhr (abgesehen von zu vernachlässigenden Ausnahmen) zu keinen Messungen und für die Meßzeitpunkte um 08.00 und 24.00 Uhr wegen der unterschiedlichen Schlafgewohnheiten zu Messungen mit geringerer Beteiligung der Probanden. Eine Schlafdeprivation wäre abgesehen davon, daß die Versuchspersonen sich dafür nicht bereiterklärt hätten, nicht realitätsnah und damit auch nicht erwünscht gewesen. Auch eine Schlafunterbrechung an einem in die Schlafzeit fallenden MZP hätte möglicherweise über die Störung des Schlafes die übrigen Variablen auch an den folgenden MZP des Tages beeinflussen können.

Durch die unterschiedliche Frequentierung der einzelnen MZP eines Tages konnte es zu Verfälschungen der monatlichen Mittelwerte der Variablen kommen, wenn diese an den einzelnen MZP unterschiedlich hohe Wertigkeiten erzielten. (Siehe Kap. 5.2.1: *Zur Aussagekraft der monatlichen mittleren Mundbodentemperatur*; siehe Kap. 5.2.2: *Zur Aussagekraft der Höhe*

der monatlichen mittleren Müdigkeit). Das Problem der Mittelwertverfälschung ließ sich mit der Cosinor-Methode im Fall eines cosinoidalen Tagesverlaufs der Werte einer Variablen befriedigender lösen. (Siehe Kapitel 4.3: *Statistische Methoden, Cosinor-Analysen*).

Die Frequentierung der Meßzeitpunkte

Die MZP-Frequentierungen für die verschiedenen Variablen (Körpertemperatur, Müdigkeit, "Befindlichkeit") fielen leicht unterschiedlich aus. Für die in diesem Kapitel gemachten Betrachtungen gelten die MZP-Frequentierungen durch die Variablen Müdigkeit und Mundbodentemperatur. Die Anzahl der Müdigkeitswerte liegt um einen Wert niedriger (November, MZP-5), die Anzahl der MB-Temperaturwerte liegt um 2 Werte niedriger (Januar, MZP-4; Juli, MZP-5) als die Anzahl der insgesamt für die Müdigkeit und die MB-Temperatur wahrgenommenen MZP.

Nicht jeder MZP wurde zur Bestimmung der Variablen genutzt. Die Abbildung 4.1 zeigt die Frequentierung der Meßzeitpunkte 1 bis 6 für den gesamten Untersuchungszeitraum und VPgesamt. Man sieht hier, daß der MZP-1 (04.00 Uhr) nur zweimal wahrgenommen wurde. Das ist verständlich, da zu dieser Zeit normalerweise geschlafen wurde und die Schlafzeiten nicht für Messungen unterbrochen werden mußten. Auch für den MZP-2 (08.00 Uhr) fiel die Frequentierung mit nur 50% (n = 60) recht niedrig aus. Die MZP 3, 4 und 5 wurden relativ hoch frequentiert: MZP-3 mit 96,7% (n = 116), MZP-4 mit 91,7% (n = 110) und MZP-5 mit 92,5% (n = 111). MZP-6 zeigte eine niedrigere Anzahl der Bestimmungen: nur 76,7% (n = 92) seiner möglichen Messungen/Beurteilungen wurden durchgeführt.

Abb. 4.1 Frequentierung der Meßzeitpunkte 1 bis 6 für den gesamten Untersuchungszeitraum und VPgesamt

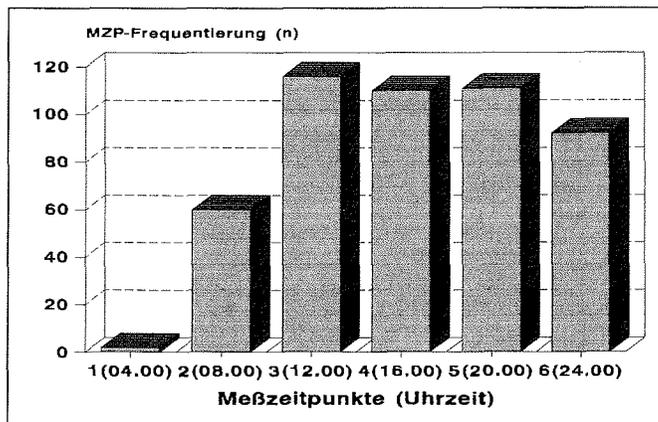
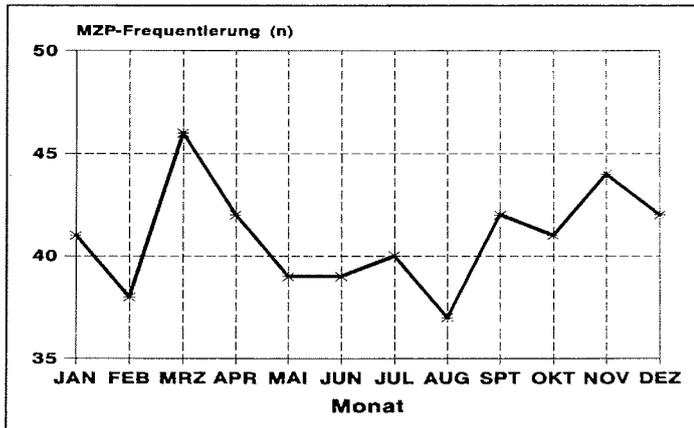


Abb. 4.2 Frequentierung der sechs Meßzeitpunkte, monatlich für VPgesamt



Die Variation der monatlichen MZP-Wahrnehmung (MZP 1-6) für den gesamten Untersuchungszeitraum und VPgesamt zeigt die Abbildung 4.2. Im Monat März (n=46) war die MZP-Frequentierung am größten, im August (n=37) am kleinsten. Zum Jahresende (September bis Dezember) lag die MZP-Wahrnehmung leicht höher als am Jahresanfang und in der Jahresmitte.

In Tabelle 4.3 werden für die Gruppe der Probanden die Anzahlen der wahrgenommenen MZP (n) für die 4 Quartale und den gesamten Untersuchungszeitraum des Jahres 1985 aufgeführt. MZP-1 (04.00 Uhr) trat nur im 4. Quartal mit n=2 in Erscheinung. Für MZP-2 (08.00 Uhr) fiel die Frequentierung nach dem 1. Quartal deutlich ab. Bei Betrachtung der einzelnen Meßperioden (Monate) fand die Reduzierung seiner Frequentierung nach Monat April statt. Für MZP-6 (24.00 Uhr) fand sich eine Zunahme der durchgeführten Messungen im 4. Quartal.

Tab. 4.3 Frequentierung (n) der 6 MZP in den 4 Quartalen des Jahres 1985 und im gesamten Untersuchungszeitraum durch VPgesamt

MZP	Meßzeitpunktfrequentierungen (n) in den Monaten:				
	Jan-Mrz	Apr-Jun	Jul-Spt	Okt-Dez	Jan-Dez
MZP-1				2	2
MZP-2	22	14	13	11	60
MZP-3	28	29	30	29	116
MZP-4	25	27	30	28	110
MZP-5	28	29	25	29	111
MZP-6	22	21	21	28	92
MZP1-6	125	120	119	127	491

Die MZP-Frequentierungen im ersten und vierten Quartal lagen mit 125 und 127 benannten MZP leicht höher als im zweiten und dritten Quartal mit 120 und 119 benannten MZP. Die MZP 3 (12.00 Uhr), 4 (16.00 Uhr) und 5 (20.00 Uhr) fielen durch eine relativ gleichmäßige Frequentierung in den 4 Quartalen des Jahres auf.

Methodische Probleme bei der Datenerhebung 2:

Bedeutung der Aufenthalte im Freien vor einem Meßzeitpunkt für die Messungen und Selbstbeurteilungen der Probanden

Durch die unterschiedlichen Wetterlagen und die verschiedenen Arbeitsbereiche der Testpersonen (Arbeiten im beheizten Innenbereich der Station oder in Außenbereichen in der Kälte, bei Drift oder bei drifffreier Wetterlage) konnte möglicherweise die peripher meßbare Körpertemperatur (Mundbodentemperatur) und das Befinden der Probanden beeinflusst werden.

Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wurden die Aufenthalte im Freien vor einem Meßzeitpunkt (MZP) für die Stunde vor dem MZP registriert und mit der Dauer in Minuten angegeben. Allerdings konnte mit dieser Frage das erwartete Problem einer unterschiedlichen Auskühlung nicht genügend erfaßt werden, denn es dürfte ein Unterschied darin liegen, ob ein Aufenthalt im Freien unmittelbar vor einem Meßzeitpunkt oder schon fast eine Stunde vor einer Messung stattfand. Die unterschiedlichen Möglichkeiten der Bekleidung spielen hier auch eine Rolle.

Um herauszufinden, ob ein möglicher Einfluß der Aufenthalte im Freien vor MZP wesentliche Bedeutung für die Ergebnisse der Untersuchung erlangen konnte, muß man die Zahl der MZP mit vorhergehendem Aufenthalt im Freien ("MZPkalt") in Relation zu der Gesamtzahl der wahrgenommenen MZP (MZPgesamt) setzen. Auch die Dauer der Aufenthalte im Freien spielt eine Rolle.

In Tabelle 4.4 wird für den gesamten Untersuchungszeitraum die Wahrnehmung der MZP durch die einzelnen Probanden und VPgesamt dargestellt. Neben einer deutlichen interindividuellen Schwankung in der Wahrnehmung der MZP (VP-4: n = 81, VP-1: n = 108) kam es zu Unterschieden bei den prozentualen Anteilen der "MZPkalt" an den insgesamt wahrgenommenen MZP: Auch hier fällt VP-4 mit einem Anteil von nur 8,64% auf, den höchsten Anteil von "MZPkalt" an seiner MZPgesamt-Zahl erzielte VP-2 mit 36,0%. Für die Gruppe der Probanden (VPgesamt) fand in 24,74% aller MZP ein Aufenthalt im Freien innerhalb einer Stunde vor einem MZP statt.

Die mittlere Dauer der Aufenthalte im Freien vor einem MZP variierte für die VP 1, 2, 3 und 5 zwischen 22,44 und 28,16 Minuten (dezimal). VP-4 fällt mit der kürzesten Zeit von nur

6,57 Minuten (dezimal) auf. Er vereint damit die wenigsten wahrgenommenen MZP, die kleinste Anzahl der "MZPkalt" und die mit Abstand kürzeste mittlere Aufenthaltsdauer im Freien vor einem MZP auf seine Person. Für VPgesamt betrug die mittlere Dauer der Aufenthalte im Freien vor einem MZP 24,07 Minuten (dezimal). (Siehe Tab. 4.4).

Tab. 4.4 MZP-Frequentierung, "MZPkalt"-Frequentierung, mittlere Dauer der Aufenthalte im Freien vor einem "MZPkalt" für Januar bis Dezember 1985

	MZPges. (ohne MZP-1) n	"MZPkalt" n	"MZPkalt" in % von MZPgesamt	mittl. Dauer der Aufenthalte im Freien (Minuten, dezimal)
VP-1	108	25	23,15 %	23,52 min
VP-2	100	36	36,00 %	27,22 min
VP-3	93	19	20,43 %	28,16 min
VP-4	81	7	8,64 %	6,57 min
VP-5	107	34	31,78 %	22,44 min
VPges.	489	121	24,74 %	24,07 min

*MZPges., MZPgesamt: Anzahl aller wahrgenommenen Meßzeitpunkte
"MZPkalt": MZP mit vorangegangenem Aufenthalt im Freien*

Festzuhalten ist, daß der Anteil der MZP mit vorausgehendem Aufenthalt im Freien an der Gesamtzahl der MZP hoch war (fast 1/4 aller MZP) und daß auch die Dauer der Aufenthalte im Freien vor einem MZP mit im Mittel 24,07 Minuten (dezimal) beträchtlich war und nicht zu vernachlässigen ist.

In Hinsicht auf eine Beeinflussung der Probanden durch Kälte ist daher ferner von Interesse, ob die Häufigkeiten der MZP mit vorhergehenden Aufenthalten im Freien ("MZPkalt") im Laufe des Jahres bzw. in Abhängigkeit von den Wetterverhältnissen variierten. Wenn während widriger Wetterverhältnisse (Sturm, Kälte) die prozentuale Häufigkeit der "MZPkalt" geringer gewesen wäre als zu Zeiten gemäßigten Wetters (Windstille, weniger tiefe Temperaturen), dann wäre der Einfluß der Kälte auf die Körpertemperatur, die Müdigkeit oder die "Befindlichkeit" der Probanden geringer gewesen, als man ansonsten hätte annehmen müssen.

Als letzter Punkt dürfte hier interessieren, ob die Dauer der Aufenthalte im Freien vor MZP jahreszeitlichen Schwankungen unterlegen hat. In Hinsicht auf die Frage, inwieweit die Probanden durch Aufenthalte in kalter Umgebung beeinflußt werden konnten, bedeutet das, ob solche Aufenthalte im Freien vor einem MZP bei kaltem, windigem Wetter im Sinne einer geringeren Einflußnahme auf die Körpertemperatur oder das Befinden kürzer waren als bei wärmerem, windstillem Wetter.

Die Anzahl (n) der MZP mit vorausgehendem Aufenthalt im Freien ("MZPkalt") war im 3. Quartal des Untersuchungszeitraumes deutlich niedriger (n=16) als in den übrigen Quartalen. Für die Meßperioden der Monate Januar bis März (1. Quartal) fanden sich 40 "MZPkalt" und für das 2. und 4. Quartal lagen die Anzahlen n bei 33 und 32, also doppelt so hoch wie im 3. Quartal. (Siehe Tab. 4.5). Da die Gesamtzahl der MZP (MZPgesamt) gleichmäßig über das Jahr verteilt war, fand sich auch bei den prozentualen Anteilen der "MZPkalt" an der Gesamtzahl der MZP im 3. Quartal der niedrigste Wert mit 13,45%. Im 1. Quartal betrug der "MZPkalt"-Anteil 32%, im 2. und 4. Quartal 27,5% und 25,6%. Die mittlere Dauer der Aufenthalte im Freien vor einem MZP erreichte ebenfalls im 3. Quartal mit 18,9 Minuten (dezimal) den kleinsten Wert. Es folgten das 4., 1. und 2. Quartal mit 20,9, 25,6 und 27,7 Minuten (dezimal). (Siehe Tab. 4.5).

Setzt man die klimatischen Bedingungen und die Tageshelligkeitsdauern, die in den 4 Quartalen des Jahres 1985 zur Zeit der Meßperioden herrschten (siehe Tab. 2.5, Abb. 2.7, Tab. 2.7, Tab. 2.8), in Beziehung zu den Aufenthaltszeiten im Freien vor den MZP, dann könnte ein Grund für die unterschiedlichen Häufigkeiten der "MZPkalt" und die verschiedenen langen Aufenthaltsdauern im Freien vor einem MZP darin zu sehen sein, daß kalte Lufttemperaturen und kurze Tageshelligkeiten sowie Stürme und Schneetreiben die Probanden daran hinderten, öfter und länger im Freien zu sein. Besonders im 3. Quartal bestimmten zur Zeit der Meßperioden neben der bis Ende Juli dauernden Polarnacht und besonders kalten Lufttemperaturen Stürme und Schneedriften in den Monaten August/September das Wetter. Umgekehrt führten gute Licht- und Wetterverhältnisse dazu, daß Aufenthalte im Freien vor MZP häufiger waren (1. Quartal). Schneefall und Drift könnten für die mittlere Aufenthaltsdauer von 20,9 Minuten (dezimal) im 4. Quartal verantwortlich gewesen sein. (Siehe Tab. 4.5).

Tab. 4.5 Anzahl der "MZPkalt", ihre prozentuale Häufigkeit und die mittlere Dauer der Aufenthalte im Freien vor den MZP, Wetterverhältnisse (nach Angaben der Probanden) in den 4 Quartalen des Jahres 1985, ohne MZP-1

	Jan-Mrz	Apr-Jun	Jul-Spt	Okt-Dez
MZPgesamt (n)	125	120	119	125
"MZPkalt" (n)	40	33	16	32
"MZPkalt" in % von MZPgesamt	32 %	27,5 %	13,45 %	25,6 %
mittlere Dauer des Aufenthalts im Freien	25,6 min (dezimal)	27,7 min (dezimal)	18,9 min (dezimal)	20,9 min (dezimal)
Temperatur	0°bis-20°C	-10°bis-35°C	-20°bis-40°C	-5°bis-20°C
Wetterlage	sonnig	wechselnd Schneedrift	Sturm Schneedrift	wechselnd Schneefall Drift
Tageshelligkeitsdauer	Polartag bis mittellang	mittellang bis Polarnacht	Polarnacht bis mittellang	mittellang bis Polartag

Bedingt durch die relativ wenigen "MZPkalt" und die relativ kurzen mittleren Aufenthaltsdauern im Freien vor einem MZP im 3. Quartal dürften die Einflüsse der Kälte auf die Körpertemperatur und die Selbstbeurteilungen der Probanden geringer gewesen sein, als man es auf Grund des Anteils der "MZPkalt" an der Gesamtheit der wahrgenommenen MZP mit 24,74% und der mittleren Aufenthaltsdauer im Freien vor einem MZP mit 24,07 Minuten (dezimal) im gesamten Untersuchungszeitraum hätte erwarten können. Doch sind die für das 3. Quartal des Untersuchungszeitraums gefundenen Anteile der "MZPkalt" an der Gesamtzahl der MZP dieses Quartals mit 13,45% zu hoch und die mittlere Dauer der Aufenthalte im Freien vor einem MZP mit 18,9 Minuten (dezimal) zu lang um vernachlässigt werden zu können. (Siehe Tab. 4.4 und Tab. 4.5).

Auf der anderen Seite muß bedacht werden, daß die Überwinterer im allgemeinen eine Kleidung wählten, die eine Auskühlung weitgehend verhinderte.

Bei der Interpretation der Befunde (Müdigkeit, Körpertemperatur, Befindlichkeit) muß jedenfalls ein möglicher Einfluß der Kälte berücksichtigt werden, wenn auch dieser Einfluß wegen der Komplexität der thermischen Gesamtsituation nicht quantifiziert werden kann. (Vergleiche Kapitel 5.2.1: *Die 2-monatliche mittlere Mundbodentemperatur* und Kapitel 2.5: *Belastungen der Überwinterer durch das antarktische Klima*).

4.3 Statistische Methoden

An statistischen Größen und Methoden fanden das arithmetische Mittel, die Variationsbreite, die Varianz, die Standardabweichung, der Variabilitätskoeffizient, der Korrelationskoeffizient und der t-Test (siehe z.B. Haseloff, Hoffmann 1970) sowie die Methoden der Cosinor-Analysen Anwendung.

Soweit dies im Text angemerkt wird, wurden die statistischen Berechnungen mit SAS-Programmen durchgeführt.

Methoden der Cosinor-Analysen

Für die Körpertemperatur und andere physische und psychische Variable sind circadiane Schwankungen ihrer Meßwerte bekannt. (Siehe Kapitel 3: *Zur Rhythmik biologischer Funktionen*). Die Cosinor-Methoden sind geeignet, solche tagesperiodischen Schwankungen von Zeitreihen zu analysieren. (Halberg u.a. 1967, Nelson u.a. 1979, Bingham u.a. 1982).

In der vorliegenden Untersuchung wurden für die Mundbodentemperatur und die Variablen "Leistungsbezogene Aktivität", "Allgemeine Desaktivität" und "Extraversion/Introversion" der

EWL-N Mittelwert-Cosinor-Analysen der Zeitreihen ihrer Messungen mit Hilfe von SAS-Programmen durchgeführt, da man bei diesen vier Variablen circadiane Schwankungen in den Zeitreihen ihrer Meßwerte erwarten konnte. Mittelwert-Cosinor-Analysen wurden sowohl für die einzelnen VP (1-5) als auch für VPgesamt (Gruppenmittelwert-Cosinor) erstellt.

Bei allen Cosinor-Methoden (Single-Cosinor, Mean-Cosinor, Serial-Section-Cosinor) geht man von der grundlegenden Annahme aus, daß bestimmte Zeitreihen (Zyklen) von Datensätzen durch kosinoidale Verläufe (d.h. durch angepaßte Cosinusfunktionen) beschrieben werden können.

Mangels anderer Bestimmungsmethoden wurden die Methoden der Cosinor-Analysen im Bereich der Chronobiologie häufig eingesetzt, um circadiane oder adaptive Prozesse zu beschreiben. Dabei muß man sich darüber klar sein, daß durchaus Zweifel bestehen, ob diese Methoden im Einzelfall überhaupt dazu geeignet sind, denn durch das mathematische Modell der Cosinor-Analyse kann sicher nicht in jedem Fall ein biologischer Rhythmus erfaßt werden, der ja einem komplexen Kräfteeinfluß unterliegen kann.

Der Vorteil der Cosinor-Analysen liegt darin, daß mit ihnen grundlegende rhythmische Verhältnisse quantitativ erfaßt, beschrieben und damit tendenzmäßige Veränderungen einer Rhythmik (speziell Circadian-Rhythmik) im Verlauf einer Adaptationsphase herausgestellt werden können. Interindividuelle Unterschiede fallen nicht so sehr ins Gewicht, wodurch die Methoden an Objektivität gegenüber der Alternative, subjektive Einschätzungen vorzunehmen, gewinnen. (Halberg u.a. 1967).

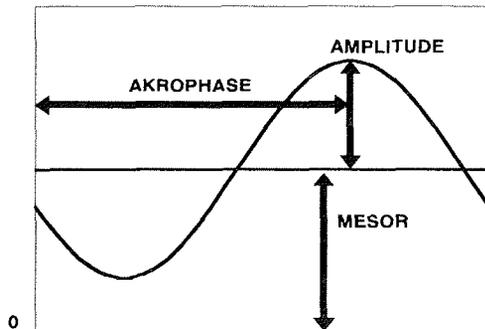
Das *Single-Cosinor-Modell* bestimmt die Cosinor-Parameter einer einzelnen Funktion in einem Zyklus. (Halberg u.a. 1967).

Der Mesor ist der Mittelwert der Cosinor-Funktionswerte. Er kann als "Mittelwert" in aneinandergereihten Monatsfenstern einen mittleren Jahresverlauf der untersuchten Variablen angeben.

Die Amplitude oder halbe Schwingungsbreite der Kosinuskurve entspricht dem maximalen Ausschlag über dem Mesor. Hohe Amplituden sprechen für einen stabilen, niedrige Amplituden für einen labilen Rhythmus.

Die Winkelfrequenz läßt sich aus der Zyklusdauer nach der Formel $T = 2\pi/w$ berechnen.

Die Akrophase bezeichnet den Zeitpunkt des Maximalwertes in einer Periode. Bei einem Zyklus mit einer Periodendauer von 24 Stunden kann sie in Stunden und Minuten entsprechend der Tageszeit angegeben werden. In aneinandergereihten Zeitfenstern (z.B. 2-, 3- oder 4-Monatsfenster) einer Zeitreihe können mit der Akrophase graduelle Veränderungen eines Rhythmus (speziell: Circadian-Rhythmus) aufgedeckt werden.



Periode ($T=2\pi/w$)

In der Gleichung des Cosinor-Modells

$$y = M + A \cos (w t + o) e$$

werden die Informationen eines Zyklusverlaufs auf die Parameter

M (= Mesor),

A (= Amplitude),

w (= Winkelfrequenz),

o (= Akrophase) und

e (= Meßfehler) beschränkt.

Die Winkelfrequenz und damit die Periodendauer ($T=2\pi/w$) muß für die Bestimmung der anderen Parameter bekannt sein. Bei unbekannter Periodendauer gibt es Methoden zur Schätzung. (Hinweis bei Kiesswetter 1988). Diese spielen in der vorliegenden Untersuchung aber keine Rolle, da eine feste Periodendauer von 24 Stunden für die mit den Cosinor-Analysen untersuchten Zeitreihen der Variablewerte vorausgesetzt werden konnte, denn die Probanden unterlagen keinen kurzfristigen Veränderungen ihrer äußeren Umstände, wodurch eine Beeinflussung einer möglicherweise vorliegenden Circadianperiodik z.B. im Sinne einer Verlängerung der Periodendauer innerhalb kürzerer Zeiträume (Tage) hätte resultieren können. Die Zuverlässigkeit der Größen (Akrophase, Amplitude, Mesor), mit der eine Periodik geschätzt werden kann, läßt sich mit statistischen Methoden überprüfen. (Halberg u.a. 1967; Nelson u.a. 1979). Für die Akrophase und Amplitude werden Konfidenzgrenzen im 95%-Niveau bestimmt, für den Mesor der Standardfehler berechnet und mit Hilfe eines Amplitudentestes kann nachgewiesen werden, ob es sich um einen signifikanten circadianen Rhythmus handelt. Nur wenn dies der Fall ist, sind die Konfidenzintervalle verlässlich. Bei starken Schwankungen der Daten oder bei geringen Tagesamplituden kann man in der Regel keine signifikanten Ergebnisse erwarten. Problematisch sind auch kleine Datenmengen.

Die *Mean- (oder Mittelwert-) Cosinor-Methode* bedient sich der Schätzgrößen, die in der Single- (oder Einzel-) Cosinor-Methode errechnet wurden, und verarbeitet diese auf gruppenspezifischer Ebene weiter. (Halberg u.a. 1967, Nelson u.a. 1979).

In sogenannten Cosinoruhr-Darstellungen können die Akrophase und Amplitude einer Gruppe durch eine Konfidenzfläche (in Ellipsenform) dargestellt und mit Konfidenzflächen anderer Gruppen verglichen werden. Die Gruppenakrophase wird durch die Richtung des Vektors, der vom Cosinoruhr-Mittelpunkt zum Zentrum der Ellipse zeigt, dargestellt, die Gruppenamplitude durch die Vektorlänge. Falls die Konfidenzellipse den Ursprungspunkt des Vektors (das ist der Cosinoruhr-Mittelpunkt) miteinschließt, gilt die Nullhypothese:

Für die Gruppe liegt kein signifikanter (circadianer) Rhythmus vor. Die Konfidenzintervalle sind in diesem Fall nicht verlässlich. Umgekehrt handelt es sich um einen signifikanten (circadianen) Rhythmus, wenn der Ursprungspunkt des Vektors nicht in die Ellipsenfläche miteinbezogen ist.

Bei Gruppenvergleichen liegen dann signifikant unterschiedliche Rhythmen vor, wenn sich die Konfidenzellipsen der Gruppen nicht überschneiden. (Siehe Kiesswetter 1988).

Schließlich sei noch die *Serial-Section-Cosinor-Methode* genannt, mit der längere Zeitreihen analysiert werden können. Ein Zeitfenster bestimmter Länge wird festgelegt und über eine Zeitreihe in festen Schritten verschoben. Dabei dürfen sich die einzelnen Zeitfenster überschneiden. Man findet im Vergleich dieser Zeitfenster hinsichtlich der in ihnen enthaltenen Zeitreihenabschnitte Trends und Veränderungen der Cosinor-Parameter und kann diese dann analysieren.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Cosinor-Analysen für die Zeitreihen der Mundbodentemperatur sowohl für 2- als auch 3- und 4-Monatsfenster berechnet. Bei der Analyse der Zeitreihen in 2-Monatsfenstern kommt es jeweils im Bereich der Daten eines Monats zu Überlappungen, d.h. die Daten des Zeitraumes Januar-Februar überschneiden sich mit den Daten für den Zeitraum Februar-März im Monat Februar usw. Bei 3-Monatsfenstern betragen die Überlappungsbereiche zwei Monate und bei 4-Monatsfenstern drei Monate.

Die Meßwerte in Monatsfenstern, die sich nicht überschneiden (z.B. bei den 2-Monatsfenstern die Zeiträume Januar-Februar, März-April,November-Dezember), werden als unabhängige Meßwerte bezeichnet. In den Monatsfenstern, die sich mit den vorgenannten überschneiden (Februar-März, April-Mai,Oktober-November), befinden sich sogenannte abhängige Meßwerte. Die abhängigen Meßwerte sind also schon in den Monatsfenstern mit unabhängigen Meßwerten enthalten und stellen somit mehrfach verarbeitete Daten dar. Monatszeiträume, die abhängige Werte enthalten, werden in den Diagrammen und im Text dieser Untersuchung in Klammern dargestellt.

Durch die größeren Überlappungsbereiche bei größeren Monatsfenstern verwischen die Jahreslinienzüge, die mit den Werten für die Mehr-Monatsfenster dargestellt werden. Hierdurch können in großen Monatsfenstern charakteristische Wertanstiege oder Wertabfälle, die im Bereich einzelner Monate liegen, verborgen bleiben.

Aus diesem Grund wurden für die Betrachtung der Cosinor-Analysen der Zeitreihen der MB-Temperaturmessungen und für die "Leistungsbezogene Aktivität" der EWL-N 2-Monatsfenster ausgewählt. Die "Allgemeine Desaktivität" und die "Extraversion/Introversion" (EWL-N) verändern sich hingegen langsam. Diese Variablen wurden deshalb in 4-Monatsfenstern betrachtet. (Entsprechend einer persönlichen Empfehlung von E. Kiesswetter).

Durch Zeitreihenanalysen mit der Cosinor-Methode lassen sich neben annualen Schwankungen des Mesors und der Amplitude graduelle Veränderungen einer Phasenverschiebung (Akrophase) über das Jahr hin aufzeigen. Für die Periodendauer der Tagesperiodik konnte allerdings (wie schon gesagt) eine Zeitspanne von 24 Stunden angenommen werden, da sich die möglicherweise auftretenden Phasenverschiebungen erwartungsgemäß nicht innerhalb weniger Tage sondern im Laufe von Wochen oder Monaten bemerkbar machen mußten. Die Größe der auf einen einzelnen Tag bezogenen Phasenverschiebung dürfte dabei zu vernachlässigend klein gewesen sein.

5 Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in zwei Gruppen zusammengefaßt. Die erste Gruppe enthält die mit den Variablen der Time-Budget-Studie (Arbeitszeiten, Essenszeiten, Schlafzeiten mit Beurteilung der Schlafqualität) erzielten Ergebnisse und die zweite Gruppe die Ergebnisse, die mit den Variablen, die an den einzelnen Meßzeitpunkten bestimmt wurden (Mundbodentemperatur, Müdigkeit, "Befindlichkeit"), gewonnen wurden.

Auf eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse für die einzelnen Probanden wurde verzichtet, da ihre Wiedergabe zu umfangreich ausgefallen wäre.

5.1 Time-Budget-Studien

Zu den monatlichen Erhebungen gehörte eine Protokollierung des Verlaufs einer 2-tägigen Periode in Form von Tagesprotokollen (Time-Budget-Studien) zur Feststellung der tageszeitlichen Lage und Dauer von Arbeitszeiten, freier Zeit und Schlafzeiten sowie der subjektiven Beurteilung der Schlafqualität (Schlafstörungen). Die freie Zeit wurde nicht gesondert erfragt. Zu ihr zählte die gesamte Zeit mit Ausnahme der Schlaf- und Arbeitszeiten. Auch die Essenszeiten wurden der freien Zeit zugerechnet. (Entsprechend Andersen 1970).

Arbeitszeiten umfaßten alle Zeiten, in denen Arbeiten von leichter Schreibtischarbeit bis hin zu körperlicher Schwerarbeit geleistet wurden. Kurze Pausen sollten in die Arbeitszeit einbezogen sein. (Vergleiche Knauth 1983).

Angaben zum Nachtschlaf sollten für die drei Nächte vor dem ersten Meßtag, zwischen den beiden Meßtagen und nach dem zweiten Meßtag gemacht werden. Als Schlaf galt die Zeit zwischen dem Zubettgehen und dem Aufstehen. Der Schlaf sollte gesondert nach Tag- und Nachtschlaf aufgeführt werden. Nach jedem Schlaf sollte die Schlafqualität durch Markierung einer Stelle auf einer 10 cm langen visuellen Analogskala mit den Endpunkten "sehr schlecht"

Tab. TBS-1 Time-Budget-Studien

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Arbeitszeiten: | Zeit vom Beginn bis zur Beendigung einer Arbeitsphase inklusive kurzer Pausen |
| 2. Schlafzeiten: | für Nachtschlaf (1.,2.,3. Nacht) und Tagschlaf: Zeiten vom Zubettgehen bis zum Aufstehen |
| 3. Schlafqualität: | nach jedem Schlaf subjektive Beurteilung durch Markierung einer Stelle auf einer 10 cm langen visuellen Analogskala mit den Endpunkten "sehr gut" und "sehr schlecht" |

und "sehr gut" subjektiv beurteilt werden. Feste Schlafzeiten waren dem Thema der Untersuchung entsprechend nicht vorgesehen. (Siehe Tabelle TBS-1 und Anhang 10.1: *Anleitung und Erhebungsbogen*).

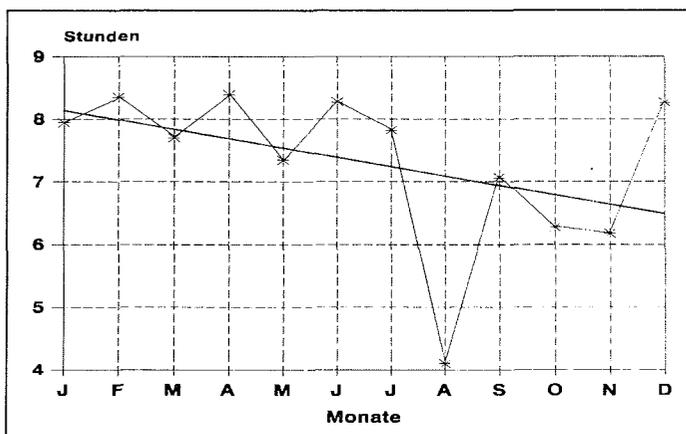
5.1.1 Arbeitszeiten

5.1.1.1 Zur Dauer der täglichen Arbeit

Die Arbeitszeiten wurden von den Probanden an jeweils zwei aufeinander folgenden Tagen eines jeden Monats im Rahmen einer Time-Budget-Studie festgehalten. (Siehe Kapitel 5.1: *Time-Budget-Studien* und Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*). In Abb. TBS-1 sind die monatlich gemittelten täglichen Arbeitszeiten (arithmetische Mittel) für VPgesamt zu sehen. Ihre Werte liegen in den ersten 7 Monaten zwischen 7,35 und 8,39 Stunden (dezimal) und fallen im August auf 4,10 Stunden (dezimal) ab. Die Monate September, Oktober und November zeigen Werte zwischen 6,18 und 7,07 Arbeitsstunden (dezimal). Der Dezemberwert erreicht mit 8,27 Stunden (dezimal) wieder das Niveau der Werte der ersten Jahreshälfte.

Die in den Monaten August bis November deutlich kürzeren täglichen Arbeitszeiten fallen in etwa mit dem kalendarischen Winter der südlichen Erdhalbkugel bzw. einer sich anschließenden Schlechtwetterperiode zusammen. (Siehe Abb. 2.7: *Sonnenstand über dem Horizont*; siehe Tab. 2.8: *Außentemperaturen und Wetterlagen*; vergleiche Kap. 6.2).

Abb. TBS-1 Tagesarbeitszeiten:
Arithmetische Mittel, monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



Für die unterschiedlich hohen Werte der monatlich für VPgesamt gemittelten Tagesarbeitszeiten in Abbildung TBS-1 ist keine lineare Abnahme im Jahresverlauf zu erwarten. Für die trotzdem in Abb. TBS-1 dargestellte Regressionsgerade läßt sich ein Korrelationskoeffizient von $r = -0,39$ berechnen. Da nur die 12 Monatsmittelwerte der Arbeitszeiten zu seiner Berechnung herangezogen wurden, ist seine Aussagekraft allerdings nicht groß und es läßt sich lediglich eine Tendenz abschätzen. Für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten läßt sich bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der Dauer der monatsbezogenen Tagesarbeitszeiten und der Lage der Monate im Jahr nachweisen.

$$n = 12 \quad r = -0,39 \quad z_F = -0,41 \quad 2 \sigma_Z = 0,67 \quad z_F < 2 \sigma_Z$$

Signifikanzprüfungen der Unterschiede der mittleren Tagesarbeitszeit in drei Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums

Bei fehlender linearer Abhängigkeit der Dauer der monatsbezogenen mittleren Tagesarbeitszeiten von der Lage der Monate im Jahr und ins Auge springenden Unterschieden der monatlichen mittleren Tagesarbeitszeiten dürfte es interessant sein, verschiedene Zeitspannen des Untersuchungszeitraums hinsichtlich ihrer mittleren Tagesarbeitszeiten miteinander zu vergleichen. In Anlehnung an den Jahreslinienzug der mittleren monatlichen Tagesarbeitszeiten (siehe Abb. TBS-1) bietet sich ein Vergleich der Zeiträume Januar bis Juni, Juli bis Oktober und November bis Dezember an.

Tab. TBS-2 Tagesarbeitszeiten:
Arithmetische Mittel (in Dezimalstunden) und Anzahl (n) der Variablen,
Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten Zeiträumen
des Untersuchungszeitraums (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Juni	$x_1 = 7,81$	30
Juli-Oktober	$x_2 = 6,32$	20
November-Dezember	$x_3 = 7,22$	10

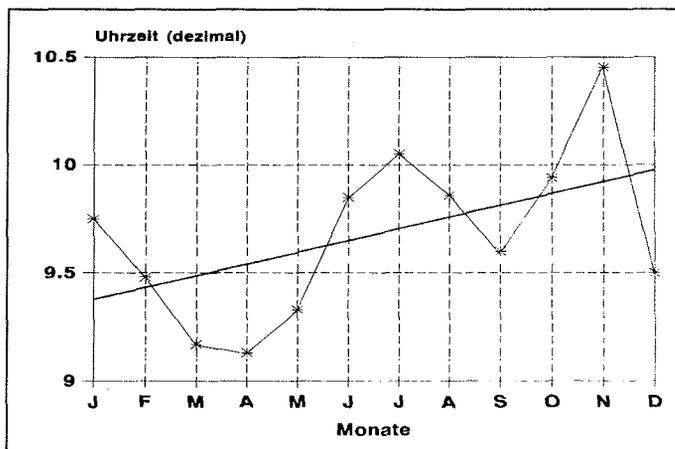
Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Juni mit Juli-Oktober	$p \leq 0,05$
Januar-Juni mit November-Dezember	nicht signif.
Juli-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.

Zur Berechnung der arithmetischen Mittel dieser drei Zeiträume und der Signifikanzen ihrer Unterschiede mittels t-Test wurden die monatlichen Mittelwerte der Tagesarbeitszeit der VP (1-5) verwendet. Mit 5 Werten pro Monat beträgt die Anzahl der Werte für den Zeitraum Januar bis Juni $n_1 = 30$, für Juli bis Oktober ist $n_2 = 20$ und für November bis Dezember ist $n_3 = 10$. Das arithmetische Mittel der Arbeitszeiten beträgt für den Zeitraum Januar bis Juni $x_1 = 7,81$, für den Zeitraum Juli bis Oktober $x_2 = 6,32$ und für November mit Dezember $x_3 = 7,22$ Dezimalstunden pro Tag. (Siehe Tabelle TBS-2). In Signifikanzprüfungen (t-Tests) der Unterschiede der mittleren täglichen Arbeitszeiten der benannten Monatszeiträume ergibt sich nur für den Vergleich der Zeiträume Januar bis Juni und Juli bis Oktober ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$), d.h. im Zeitraum Januar bis Juni wurde durchschnittlich signifikant länger gearbeitet als im Zeitraum Juli bis Oktober. (Siehe Tab. TBS-2).

5.1.1.2 Zeiten des täglichen Arbeitsbeginns

Die monatlich gemittelten Zeiten des täglichen Arbeitsbeginns (arithm. Mittel) sind in Abb. TBS-2 für VPgesamt dargestellt. Ihre Werte variieren im Laufe des Jahres stark. Im Januar liegt der mittlere Arbeitsbeginn bei 09.45 Uhr, im April bei 09.08 Uhr, im Juli bei 10.03 Uhr, im September bei 09.36 Uhr, im November bei 10.27 Uhr und im Dezember bei 09.30 Uhr. Die Arbeitsbeginnzeiten der übrigen Monate sind zwischen diesen Zeiten angesiedelt. Im Laufe des Jahres sieht man trotz dieser Schwankungen eine Tendenz zum späteren Beginn der Tagesarbeitszeit.

Abb. TBS-2 Tägliche Arbeitsbeginnzeiten:
Arithmetische Mittel, monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



Tage, an denen keine Eintragungen zu Arbeitszeiten gemacht wurden (März, April, Oktober je 1-mal, August 3-mal), sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt, obgleich man einen Nichteintrag (sofern ein Arbeitszeiteintrag nicht einfach vergessen wurde) als extrem späten Arbeitsbeginn interpretieren könnte.

Die Regressionsgerade der monatlich für VPgesamt gemittelten Arbeitsbeginnzeiten in Abb. TBS-2 steigt leicht an. Es läßt sich für sie ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,33$ errechnen. Da nur die 12 monatlichen mittleren Arbeitsbeginnzeiten zu seiner Berechnung herangezogen wurden, ist die Kraft seiner Aussage gering und es kann mit ihm nur eine Tendenz abgeschätzt werden.

Für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten läßt sich bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen dem Beginn der mittleren täglichen Arbeitszeit eines Monats und der Lage des betreffenden Monats im Jahr nachweisen.

$n = 12$	$r = 0,33$	$z_F = 0,34$	$2 \sigma_z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_z$
----------	------------	--------------	---------------------	--------------------

Signifikanzprüfungen der Unterschiede des mittleren Tagesarbeitsbeginns in drei Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums

Ähnlich wie bei dem Vergleich der mittleren täglichen Arbeitszeiten in den drei festgelegten Zeiträumen des Untersuchungszeitraums werden hier die Zeiträume Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November bis Dezember entsprechend den in ihnen herrschenden Licht- und Wetterverhältnissen hinsichtlich ihrer mittleren monatlichen Arbeitsbeginnzeiten miteinander verglichen. (Siehe Abbildung 2.7: *Sonnenstand über dem Horizont* und Tabelle 2.8: *Außentemperaturen und Wetterlagen*).

Zur Bestimmung der arithmetischen Mittel der Arbeitsbeginnzeiten sowie zur Berechnung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in den drei genannten Zeiträumen wurden die von den VP (1-5) angegebenen originalen Arbeitsbeginnzeiten genutzt.

Für den Zeitraum Januar - Mai ist $n_1 = 48$, für Juni - Oktober ist $n_2 = 46$ und für November - Dezember $n_3 = 20$. Die arithmetischen Mittelwerte der Arbeitsbeginnzeiten betragen für die entsprechenden Monatszeiträume $x_1 = 9,38$, $x_2 = 9,86$ und $x_3 = 9,99$ Uhr (dezimal).

Ein signifikanter Unterschied der Arbeitsbeginnzeiten findet sich für den Vergleich der Zeiträume Januar bis Mai und Juni bis Oktober ($p \leq 0,05$, t-Test). Die übrigen Vergleiche fallen nicht signifikant unterschiedlich aus. (Siehe Tabelle TBS-3).

Es wurde also im Zeitraum Januar bis Mai signifikant früher mit der Arbeit begonnen als im Zeitraum Juni bis Oktober.

Tab. TBS-3 Tägliche Arbeitsbeginnzeiten:
 Arithmetische Mittel (Uhrzeit, dezimal) und Anzahl (n) der Variablen,
 Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten Zeiträumen
 des Untersuchungszeitraums (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 9,38$	48
Juni-Oktober	$x_2 = 9,86$	46
November-Dezember	$x_3 = 9,99$	20

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	$p \leq 0.05$
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

Der gegenüber den Monaten Januar bis Mai spätere tägliche Arbeitsbeginn in den Monaten Juni bis Oktober fiel mit einer gegenüber den Monaten Januar bis Juni kürzeren Arbeitszeit in den Monaten Juli bis Oktober zusammen. (Vergleiche Tabelle TBS-2).

5.1.2 Essenszeiten

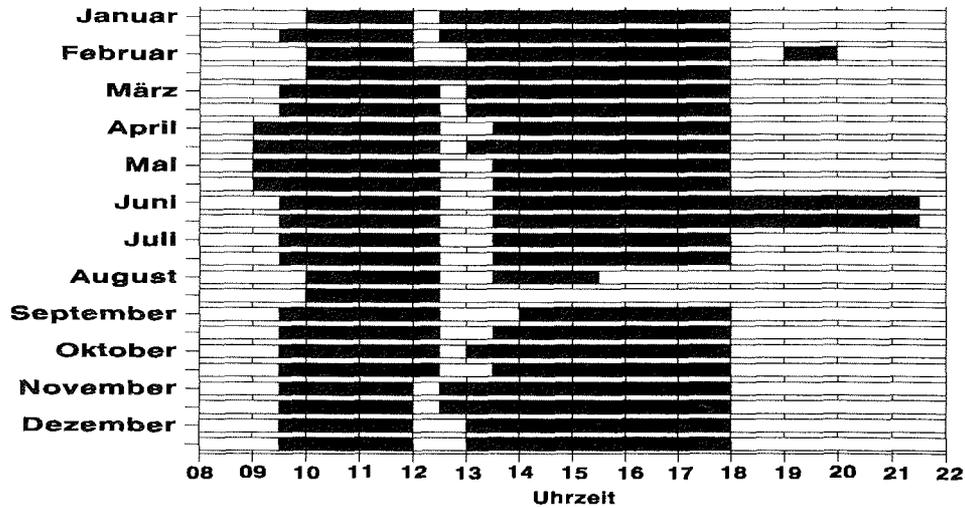
Aus der Lage der Arbeitszeiten läßt sich indirekt ablesen, inwieweit von den Probanden Essenszeiten eingehalten wurden. Eine Einhaltung von festgelegten Essenszeiten könnte insofern interessant sein, als dies ein Indiz dafür sein kann, daß diese Zeiten möglicherweise ein Zeitbewußtsein prägen und damit als Zeitgeber zur Wirkung kommen konnten. (Vergleiche Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber*; Aschoff 1978b: Essenszeiten als Zeitgeber).

Die Frühstückszeit (08.00 Uhr bis 10.00 Uhr) spielte hier eine geringere Rolle, da sie sehr gestreckt war. Das Mittagessen wurde aus organisatorischen Gründen in den Monaten Januar, Februar, November und Dezember um 12.00 Uhr, von März bis Oktober um 12.30 Uhr bereitgestellt. Die Abendbrotzeit begann stets um 18.00 Uhr.

Die Abbildungen der Time-Budget-Studien (siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*) zeigen, daß für alle Probanden die Essenszeiten von Bedeutung für die Einteilung ihrer Tagesabläufe waren. Es traten zwar interindividuelle Unterschiede in der Einhaltung der Essenszeiten auf, doch sind diese gering. Als Beispiel für eine ganz besonders streng an den Essenszeiten orientierte Tageseinteilung werden die Aufzeichnungen der Time-Budget-Studie der VP-5 (Arbeitszeiten) in Abbildung TBS-3 gezeigt.

In Tabelle TBS-4 wird die Einhaltung der Mittag- und Abendessenszeiten an den Meßtagen des gesamten Untersuchungszeitraums durch VPgesamt dargestellt. Maximal hätten je 120 Mittags- und Abendbrotzeiten [12 (Monate) \times 2 (Meßtage pro Monat) \times 5 (Probanden)]

Abb. TBS-3 Originalzeiten der Time-Budget-Studie der VP-5:
Arbeitszeiten (schwarze Balken) und arbeitsfreie Zeiten
(inklusive Schlafzeiten und Essenszeiten: leere Balken)



wahrgenommen werden können. Aus der hohen prozentualen Einhaltung der Essenszeiten (in 88,3% mittags und 87,5% abends) kann man schließen, daß diese im Sinne der Bildung eines Zeitbewußtseins als Zeitgeber wirken konnten.

Tab. TBS-4 Einhaltung der Essenszeiten (VPgesamt)

	Mittagessen	Abendbrot
eingehalten	106 × (88,3 %)	105 × (87,5%)
nicht eingehalten	14 × (11,7 %)	15 × (12,5%)

Es ist denkbar, daß die reale prozentuale Häufigkeit der wahrgenommenen Essenszeiten an den Tagen der Time-Budget-Studie leicht geringer war, wenn an Tagen ohne Nennung von Arbeitszeiten die Essenszeiten nicht eingehalten wurden. Keine Angaben zu Arbeitszeiten und damit zu Essenszeiten wurden im März, April und Oktober je einmal, im August dreimal gemacht. Diese 4 Probandenmeßtage gingen nicht in die Berechnungen zur Einhaltung der Essenszeiten ein. Nimmt man an, daß an diesen Tagen die Essenszeiten nicht wahrgenommen wurden, erhalten wir mit 100 eingehaltenen Mittagspausen immer noch eine prozentuale Einhaltung der Mittagessenszeit in 83,3% und mit 99 Arbeitspausen zur Abendbrotzeit eine Einhaltung der Abendessenszeit in 82,5% der möglichen Essenszeiten.

5.1.3 Schlafzeiten und Schlafqualität

5.1.3.1 Tagschlaf

Lediglich an 6 von insgesamt 120 Probandenmeßtagen (das entspricht 5% dieser Tage) wurden Tagschlafzeiten angegeben. Bei VP-1 im August scheint es sich dabei außerdem um die Fortführung eines spät begonnenen, nur unterbrochenen Nachtschlafes gehandelt zu haben. (Nachtschlaf von 03.00 Uhr bis 08.00 Uhr, anschließend Tagschlaf von 09.00 Uhr bis 11.00 Uhr; siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studie der VP-1*).

Zwei Probanden (VP-1, VP-4) gaben nur je einmal einen Tagschlaf (und zwar im August) an, VP-3 gab viermal verteilt über das Jahr einen Tagschlaf an, wobei seine längste Tagschlafdauer mit 2 Stunden und 30 Minuten ebenfalls in den Monat August fiel.

Die Tagschlafdauer schwankte zwischen 0,75 und 2,5 Dezimalstunden.

Für die Schlafqualität wurden Werte von 29 bis 99 entsprechend einer Markierung auf einer ungraduierten visuellen Analogskala mit den Endpunkten "sehr gut" bei 100 mm und "sehr schlecht" bei 0 mm angegeben. Die schlechteste Schlafqualität fiel mit dem kürzesten Tagschlaf zusammen. (Siehe Tab. TBS-5).

Trotz der geringen Tagschlafhäufigkeit (nur sechs Tagschlafzeiten an den Meßtagen des gesamten Untersuchungszeitraums) fällt auch hier der Monat August mit 3 Tagschlafzeiten sowie mit der längsten Tagschlafdauer bei VP-3 auf. (Siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*).

Tab. TBS-5 Tagschlaf

Proband	Monat	Schlafzeit	Schlaflänge	Schlafqualität
VP-3	April	14.00 - 15.30	1,5	74
VP-3	Mai	20.30 - 22.15	1,75	99
VP-1	August	09.00 - 11.00	2,0	80
VP-3	August	13.00 - 15.30	2,5	84
VP-4	August	16.30 - 17.15	0,75	29
VP-3	November	17.00 - 19.00	2,0	79

*Schlafzeit in Stunden und Minuten, Schlaflänge in Dezimalstunden
Schlafqualität in Werten entsprechend der Müdigkeitsskala*

5.1.3.2 Nachtschlaf

Schlaflänge

Die für VPgesamt monatlich gemittelten Zeiten der Nachtschlaflängen (arithm. Mittel) zeigt die Abbildung TBS-4. Zu ihrer Berechnung wurden nur die Zeiten des ersten und zweiten Nachtschlafs der monatlichen Meßperioden herangezogen, da die Angaben zum dritten Nachtschlaf in einigen Monaten lückenhaft waren.

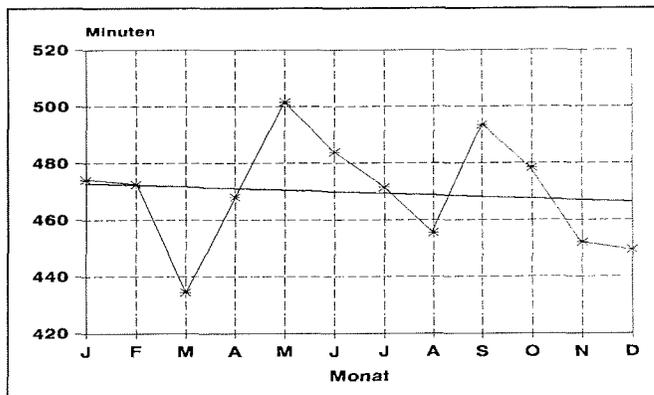
Die mittleren Schlaflängen in Abb. TBS-4 bewegen sich im Laufe des Jahres zwischen einer Minimalzeit von 435 (Monat März) und einer Maximalzeit von 502 Minuten (Monat Mai). Ein weiterer Spitzenwert der mittleren Schlaflängen liegt mit 494 Minuten im September, kurze Schlafzeiten finden sich für die Monate August mit 456 Minuten und Dezember mit 450 Minuten. Der sägezahnartig verlaufende Linienzug der Werte in Abbildung TBS-4 läßt keine Abhängigkeit der Schlaflänge vom Jahreslauf erkennen.

Die monatlichen mittleren Schlaflängen von VPgesamt wurden aufgrund der kleinen Anzahl der Probanden nachhaltig von den sehr unterschiedlichen Schlafzeiten der einzelnen Probanden bestimmt. Die VP 1 und 2 boten im Vergleich zu den VP 3, 4 und 5 zu Beginn des Jahres zum Teil äußerst lange und im Polarwinter äußerst kurze Schlafzeiten. (Siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*). Die mittlere Schlafzeit der VP-1 im August wäre allerdings länger als angegeben ausfallen, wenn man den für den frühen Morgen eines Tages dieses Monats genannten Tagschlaf als Fortsetzung eines lediglich unterbrochenen Nachtschlafes interpretieren würde. (Vergleiche Kapitel 5.1.3.1: *Tagschlaf*).

Eine Erklärung für die relativ kurzen Schlafzeiten in der Polarwinterzeit mag in äußeren Einflüssen zu suchen sein, die nichts mit den für die Winterzeit typischen Einflüssen wie Dunkelheit oder Kälte gemein hatten. Ein Grund für den bei allen Probanden relativ kurzen Nachtschlaf des Monats August mag unter anderem in einer Geburtstagsfeier an einem Tag der Meßperiode dieses Monats zu finden sein. Die Monate Juli und August schlugen bei VP-2 mit sehr niedrigen Schlaflängen zu Buche. Ein Vergleich mit den Arbeitszeiten zeigt, daß hier besonders lange Arbeitszeiten bis zum frühen Morgen eine Rolle spielten. (Siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*). Außerdem lassen sich die kurzen Schlafzeiten der VP-2 in diesen Monaten ebenso wie die der VP-1 zusätzlich durch Beobachtungen von Polarlichtern bis in den frühen Morgen hinein erklären.

Für die 12 mittleren Schlafzeiten (arithm. Mittel, monatlich für VPgesamt) ist in Abbildung TBS-4 eine Regressionsgerade eingezeichnet. Die Regressionsgerade verläuft fast horizontal. Es errechnet sich für ihren Korrelationskoeffizienten (r) ein Wert von $-0,10$. Da nur die

Abb. TBS-4 Schlaflänge:
Arithmetische Mittel, monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



12 mittleren Monatswerte der Schlafzeiten zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten genutzt wurden, läßt sich lediglich eine Tendenz der Neigung der Regressionsgeraden bei geringer Aussagekraft abschätzen. Für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten läßt sich bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen den mittleren Schlaflängen der einzelnen Monate und der Lage dieser Monate im Jahr nachweisen.

$$n = 12 \quad r = -0,10 \quad z_F = -0,10 \quad 2 \sigma_z = 0,67 \quad z_F < 2 \sigma_z$$

Signifikanzprüfungen von Unterschieden der mittleren Schlaflängen in drei Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums

Entsprechend den drei Zeitfenstern des Untersuchungszeitraums bei den Vergleichen der täglichen Arbeitsbeginnzeiten werden hier die Zeiträume Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November bis Dezember hinsichtlich ihrer mittleren Schlaflängen miteinander verglichen. Die verarbeiteten Werte entsprechen den mittleren Monatswerten der Schlaflängen der einzelnen VP (1-5). Für den Zeitraum Januar bis Mai ist $n_1 = 25$, für Juni bis Oktober ist $n_2 = 25$ und für November bis Dezember $n_3 = 10$. Die arithmetischen Mittelwerte der Schlaflängen betragen für die entsprechenden Monatszeiträume $x_1 = 470,1$, $x_2 = 476,6$ und $x_3 = 450,75$ Minuten (dezimal). Ein signifikanter Unterschied der Schlaflängen in den verglichenen Monatszeiträumen findet sich nicht. (t-Test; siehe Tabelle TBS-6). Es wurde also in keinem der miteinander verglichenen Monatszeiträume signifikant kürzer oder länger geschlafen.

Tab. TBS-6 Schlaflängen:
 Arithmetische Mittel (Minuten, dezimal) und Anzahl (n) der Variablen,
 Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten Zeiträumen
 des Untersuchungszeitraums (t-Test)

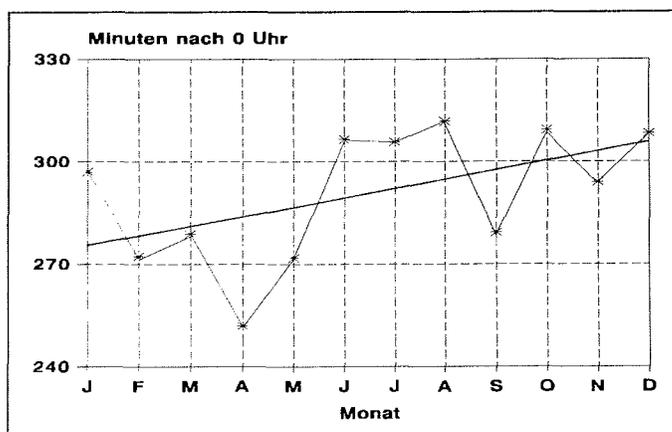
Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 470,1$	25
Juni-Oktober	$x_2 = 476,6$	25
November-Dezember	$x_3 = 450,75$	10

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

Schlafmitte

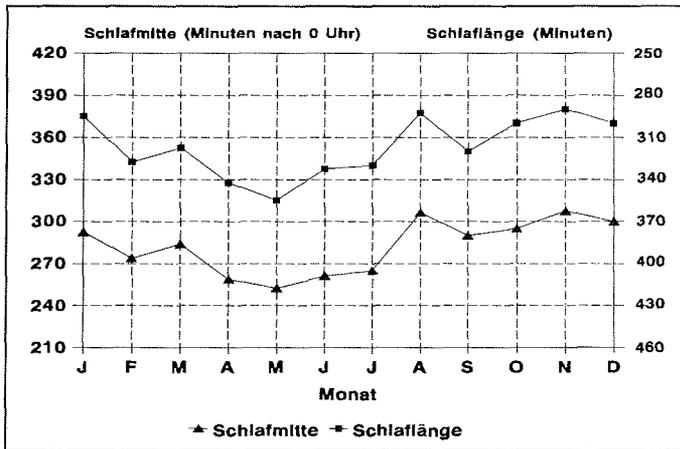
Die für die Schlafmitten des Nachtschlafes monatlich für VPgesamt gemittelten Zeiten (arithm. Mittel) zeigt die Abbildung TBS-5. Die Schlafmitten wurden aus den originalen Schlafzeiten der 1. und 2. Nacht der monatlichen Meßperioden errechnet. Die Angaben der Schlafmitten erfolgen in Minuten nach 0.00 Uhr. (*Berechnung der Schlafmittezeit: Die Schlafbeginnzeit [Tageszeit in Stunden, Minuten] plus die Hälfte der Schlafdauer [in Stunden, Minuten] ergibt die Tageszeit der Schlafmitte [in Stunden, Minuten]; Umrechnung der Schlafmittezeit auf Minuten nach 00.00 Uhr*).

Abb. TBS-5 Schlafmitte:
 Arithmetische Mittel, monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



Die Werte für die monatlichen Schlafmitten in Abb. TBS-5 fallen von 297 Minuten (nach 0.00 Uhr) im Januar auf 252 Minuten im April ab, steigen dann auf 307 Minuten im Juni und 312 Minuten im August, fallen im September auf 279 Minuten und halten sich dann für die restlichen Monate des Jahres bei 300 Minuten. Die Schlafmitten der Monate Juni bis August lagen im Verhältnis zu den umliegenden Monaten relativ spät. Insbesondere VP-2 und auch VP-1 trugen hierzu bei. (Siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*).

Abb. TBS-6 Schlafmitten, Schlafängen:
Arithmetische Mittel, monatlich für VP-5



Ein Vergleich der Jahreslinienzüge der monatlichen mittleren Schlafängen und Schlafmitten demonstriert, daß sich die Entwicklung der Jahresvariationen der Schlafängen und Schlafmitten bis zu einem gewissen Grad invers zueinander verhielt. (Siehe Abbildungen TBS-4 und TBS-5). Besonders deutlich wird dieser Zusammenhang bei VP-5 in Abb. TBS-6. Hier ergibt der Vergleich der Schlafängen mit den Schlafmitten bei inverser Skala für die Schlafängen und gegenseitig angepaßten Skalen zwei fast parallel verlaufende Linienzüge.

Die VP-1 und VP-2 fallen wie bei der Schlafänge durch stärkere Schwankungen ihrer Jahresvariationslinien der Schlafmitten auf. Für die besonders spät liegenden Schlafmitten in den Wintermonaten gilt die für die Schlafängen in diesen Monaten gegebene Erklärung in entsprechender Weise:

Aktivitäten, die am Abend oder frühen Morgen die Zeit des Schlafbeginns verzögerten, bedingten unter der Voraussetzung, daß die Schlafzeiten lang genug waren, eine später liegende Schlafmitte.

Bei den VP 2, 3 und 5 fiel der Monat August in diesem Sinne mit relativ späten Schlafmitten auf. Die relativ früh liegende Schlafmitte der VP-1 im Monat August paßt nicht zum späten Schlafbeginn in diesem Monat. Erinnern wir uns daran, daß man den Tagschlaf dieses Probanden als Fortsetzung des lediglich für kurze Zeit unterbrochenen Nachtschlafes interpretieren könnte. (Vergleiche Kapitel 5.1.3.1: *Tagschlaf*). Dann hätte die mittlere Schlafmitte der VP-1 im Monat August um 90 Minuten später und damit in einem Bereich gelegen, der dem späten Schlafbeginn eher entsprochen hätte.

Daß im Polarwinter später geschlafen wurde, mag auch damit zusammengehangen haben, daß sich durch den Tageslichtmangel die Phase des Schlaf-Wach-Rhythmus zum Abend hin verschoben hatte. (Siehe Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber* und: *Hell-Dunkel-Wechsel...*). Die den später liegenden Schlafmitten zugeordneten kürzeren Schlaflängen mögen Ausdruck dafür sein, daß der Einfluß von Zeitgebern (z.B. ein durch die Essenszeiten erzeugtes Zeitbewußtsein: Aschoff 1978b; siehe Kapitel 5.1.2: *Essenszeiten*) eine freie Entwicklung des Schlaf-Wach-Rhythmus in Grenzen hielt. Zum anderen wird die Schlaflänge in Abhängigkeit der Schlaflage zum Körpertemperaturrhythmus gesehen. (Czeisler u.a. 1980; Zulley u.a. 1981).

In Untersuchungen zur Schichtarbeit wurde gefunden, daß maximale Schlaflängen bei Schlafbeginn gegen Mitternacht und minimale Schlaflängen bei Schlafbeginn zwischen 10.00 und 12.00 Uhr auftreten. (Foret, Lantin 1972; Foret, Benoit 1974). Knauth und Rutenfranz (1981) zeigten einen deutlichen circadianen Verlauf der Schlafdauer in Abhängigkeit von der Uhrzeit des Schlafbeginns.

Die in dieser Untersuchung auf zum Teil extrem späte Tageszeiten verschobenen Schlafbeginnzeiten einzelner Probanden (siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*) können entsprechend den genannten Befunden in der Literatur zu kürzeren Schlafzeiten geführt haben.

Die Regressionsgerade der monatlichen mittleren Schlafmitten in Abbildung TBS-5 verdeutlicht, daß die Schlafmitten im Laufe des Jahres später lagen. Es errechnet sich für sie ein Korrelationskoeffizient $r = 0,47$. Da nur die 12 mittleren Monatswerte der Schlafmitten zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten genutzt wurden, läßt sich nur eine Tendenz der Neigung der Regressionsgeraden bei geringer Aussagekraft abschätzen.

Für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten läßt sich bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen den mittleren Schlafmitten der einzelnen Monate und der Lage dieser Monate im Jahr nachweisen.

$n = 12$	$r = 0,47$	$z_F = 0,51$	$2 \sigma_z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_z$
----------	------------	--------------	---------------------	--------------------

Signifikanzprüfungen von Unterschieden der mittleren Schlafmitten in drei Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums

Entsprechend den Einteilungen des Untersuchungszeitraums bei den bisher abgehandelten Variablen in drei Zeitfenster werden hier die Monatszeiträume Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November bis Dezember hinsichtlich der Lage ihrer mittleren Schlafmitten miteinander verglichen. Als Datenmaterial für die Prüfung der Signifikanzen von Unterschieden der mittleren Schlafmitten in diesen Zeiträumen wurden die mittleren Monatswerte der Schlafmitten der einzelnen Probanden verwendet.

Für den Zeitraum Januar bis Mai beträgt die Anzahl der Variablen $n_1 = 25$, für Juni bis Oktober ist $n_2 = 25$ und für November bis Dezember $n_3 = 10$. Die arithmetischen Mittelwerte der Schlafmitten betragen für die entsprechenden Monatszeiträume $x_1 = 274,35$, $x_2 = 302,5$ und $x_3 = 301,125$ Minuten (dezimal) nach 0.00 Uhr. Ein signifikanter Unterschied der mittleren Schlafmitten der drei miteinander verglichenen Zeiträume läßt sich mittels t-Test nicht nachweisen. (Siehe Tabelle TBS-7).

Tab. TBS-7 Schlafmitten:
Arithmetische Mittel (Minuten nach 0.00 Uhr, dezimal) und Anzahl (n) der Variablen, Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten Zeiträumen des Untersuchungszeitraums (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 274,35$	25
Juni-Oktober	$x_2 = 302,5$	25
November-Dezember	$x_3 = 301,125$	10

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

Schlafqualität

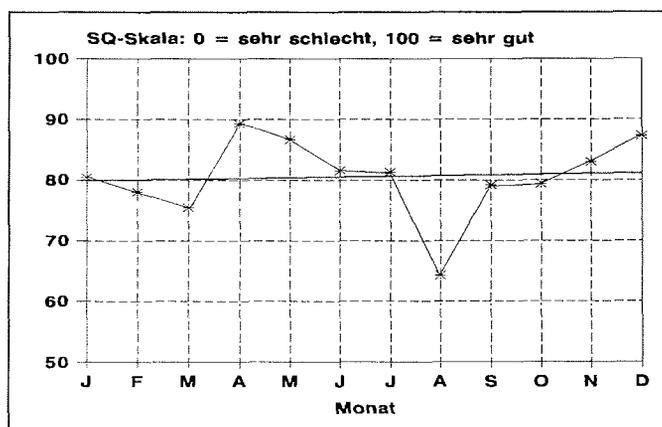
Die monatlich für VPgesamt gemittelten Wertigkeiten (arithm. Mittel) für die Schlafqualitäten des Nachtschlafes (im weiteren SQ genannt) wurden aus den SQ-Beurteilungen für den 1. und 2. Nachtschlaf der monatlichen Meßperioden errechnet.

Die Wertigkeiten entsprechen subjektiven Einschätzungen der SQ durch die Probanden und wurden durch Markierung einer Stelle auf einer ungraduierten 10 cm langen visuellen

Analogskala mit den Endpunkten "sehr schlecht" für eine als sehr schlecht empfundene SQ (das entspricht dem Wert 0) und "sehr gut" für eine als sehr gut empfundene SQ (das entspricht dem Wert 100) gewonnen. (Siehe Kapitel 5.1: *Time-Budget-Studien*). Aus der Höhe der SQ-Beurteilungen lassen sich Rückschlüsse auf Schlafstörungen und damit auf Störungen der inneren Ausgewogenheit der Probanden ziehen.

Die SQ-Jahresvariationslinie zeigt Abbildung TBS-7. Die Wertigkeiten der SQ für VPgesamt bewegen sich mit Ausnahme der Wertigkeit für Monat August (Skalenpunktwert der Schlafqualitätsskala: 64,3) über das ganze Jahr mit geringer Schwankungsbreite. Der zweitkleinste SQ-Wert liegt im März bei 75,5 und der höchste Wert findet sich im April mit 89,3 Skalenpunktwerten.

Abb. TBS-7 Schlafqualität:
Arithmetische Mittel, monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



Die SQ wurde demnach von VPgesamt im ganzen Jahr als relativ gut bewertet. Selbst der niedrigste Wert für den Monat August lag noch so hoch, daß sich bei der Gesamtgruppe der Probanden für Schlafstörungen stärkeren Ausmaßes kein Anhalt fand. Die Regressionsgerade der monatlichen mittleren SQ in Abb. TBS-7 verläuft dementsprechend annähernd horizontal.

Die leicht erniedrigte SQ-Einschätzung zum Jahresbeginn (Januar bis März) hing möglicherweise mit der Eingewöhnung der Probanden in ihre neue Umwelt bzw. mit den besonderen Verhältnissen in der Antarktisstation zur Zeit der Stationsübergabe zusammen. (Siehe Kapitel 2.1: *Der Aufenthalt in der Antarktis*). Die gegenüber den angrenzenden

Monaten leicht erniedrigten SQ-Einschätzungen in den Monaten Juni bis Oktober mögen dem von Anderson u.a. (1984) bei Schichtarbeitern in der Arktis gefundenen weniger ruhigen Schlaf in den Monaten relativer Dunkelheit entsprechen. Die auffällig niedrige SQ-Einschätzung im August fiel mit einer relativ kurzen Schlafzeit und einer relativ späten Schlafmitte zusammen. Auch die Tagesarbeitszeit lag hier extrem niedrig.

Der für VPgesamt gefundene niedrige Augustwert der SQ wird besonders durch die geringen Einschätzungen der SQ durch die Probanden 1 und 4 bestimmt. Allerdings hängt die schlechte Beurteilung der SQ im August durch VP-1 (SQ = 40,5) sicherlich damit zusammen, daß sein Nachtschlaf, wenn man so will, unterbrochen bzw. in einem Tagschlaf fortgeführt wurde. Die SQ-Einschätzung nach Beendigung des morgendlichen Tagschlafs liegt dementsprechend höher (SQ = 80). (Siehe Kap. 5.1.3.1: *Tagschlaf*). Bei VP-4 sehen wir für August die niedrigste SQ-Beurteilung aller Probanden und Monate (SQ = 14,5). Man kann zumindest für diesen Monat bei VP-4 Schlafstörungen annehmen.

Für die Regressionsgerade der monatlich für VPgesamt gemittelten Schlafqualitäten in Abbildung TBS-7 errechnet sich ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,05$. Die Regressionsgerade verläuft fast horizontal. Da nur wenige Werte ($n = 12$) verarbeitet wurden, läßt sich diese Tendenz mit nur geringer Aussagekraft abschätzen.

Für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten läßt sich bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der monatsbezogenen mittleren Schlafqualität und der Lage der Monate im Jahr nachweisen.

$n = 12$	$r = 0,05$	$z_F = 0,05$	$2 \sigma_z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_z$
----------	------------	--------------	---------------------	--------------------

Signifikanzprüfungen von Unterschieden der mittleren Schlafqualitäten in drei Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums

Wie bei den Vergleichen der zuvor bearbeiteten Variablen in drei Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums werden auch hier die drei Zeiträume Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November bis Dezember hinsichtlich ihrer mittleren Schlafqualitäten miteinander verglichen. Als Datenmaterial wurden die monatlichen mittleren Schlafqualitäten der einzelnen Probanden genutzt.

Für den Zeitraum Januar bis Mai beträgt die Anzahl der Variablen $n_1 = 25$, für Juni bis Oktober ist $n_2 = 25$ und für November bis Dezember $n_3 = 10$. Die arithmetischen Mittelwerte der Schlafqualitäten liegen für die entsprechenden Monatszeiträume bei $x_1 = 81,98$, $x_2 = 77,16$ und

$x_3 = 85,15$. Ein signifikanter Unterschied der Schlafqualitäten in den miteinander verglichenen Monatszeiträumen findet sich nicht. (t-Test; siehe Tabelle TBS-8). Es wurde also in keinem der miteinander verglichenen Zeitfenster des Untersuchungszeitraums signifikant besser oder schlechter geschlafen.

Tab. TBS-8 Schlafqualität:
Arithmetische Mittel (SQ-Skala: 0-100) und Anzahl (n) der Variablen,
Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten
Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 81,98$	25
Juni-Oktober	$x_2 = 77,16$	25
November-Dezember	$x_3 = 85,15$	10

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

5.2 Untersuchungen zur Circadianrhythmik der Körpertemperatur, Müdigkeit und "Befindlichkeit" nach der Eigenschaftswörterliste EWL-N

Eine Gemeinsamkeit der Variablen Körpertemperatur, Müdigkeit und "Befindlichkeit" nach der Eigenschaftswörterliste EWL-N (Janke und Debus 1978) liegt in ihrer gleichzeitigen Registrierung an den Meßzeitpunkten (MZP) der Meßtage während der monatlichen Erhebungsperioden. Es sollten alle 4 Stunden entsprechende Angaben gemacht werden.

Die Messung der Mundbodentemperatur sollte parallel zur Bearbeitung der Eigenschaftswörterliste in sitzender Körperhaltung stattfinden. Die Spezialquecksilberthermometer (Maximathermometer) mit einer Ablesegenauigkeit von $0,01^{\circ}$ Celsius wurden vor jeder Messung auf 35° Celsius heruntergeschlagen und mußten anschließend mindestens 5 Minuten im geschlossenen Mund unter der Zunge gehalten werden. Die momentane Müdigkeit sollte auf einer 10 cm langen visuellen Analogskala mit den Endpunkten "sehr müde" und "hellwach" durch einen Querstrich markiert werden. (Siehe Anhang 10.1: *Anleitung und Erhebungsbogen*).

Überlegungen zur Bedeutung der Wahrnehmung der MZP (MZP-Frequentierung) für die Aussagekraft der monatlichen Mittelwerte der Variablen wurden im Kapitel 4.2 sowie bei der Abhandlung der Körpertemperatur und der Müdigkeit gemacht. (Siehe Kapitel 5.2.1 und 5.2.2: *Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren Mundbodentemperatur bzw. Müdigkeit*).

Tab. T-1 Mundbodentemperatur, Müdigkeit, "Befindlichkeit"
(4-stündliche MZP)

1. MB-Temperatur:	Messung der Mundbodentemperatur mit Spezialthermometern (Ablesegenauigkeit $0,01^{\circ}$ C) im Sitzen parallel zur Bearbeitung der EWL-N
2. Müdigkeit:	Beurteilung der momentanen Müdigkeit durch eine Markierung auf einer 10 cm langen visuellen Analogskala mit den Endpunkten "sehr müde" und "hellwach"
3. "Befindlichkeit":	Erfassung des Befindens mit Hilfe der Eigenschaftswörterliste (EWL-N)

5.2.1 Mundbodentemperatur

Die Mundbodentemperatur (im weiteren mit MB-Temp bezeichnet) konnte an den beiden Meßtagen eines jeden Monats des Untersuchungszeitraumes jeweils an sechs möglichen Meßzeitpunkten (MZP) bestimmt werden. MZP-1 (04.00 Uhr) wurde lediglich nur je einmal in den Monaten Oktober und November benannt. Die Messungen erfolgten in sitzender Position zeitgleich mit der Bearbeitung der Eigenschaftswörterliste (EWL-N) und der Beurteilung der Müdigkeit. (Vergleiche Kapitel 4.1: *Anleitung zur Datenerhebung und Durchführung der Untersuchung* und Kapitel 5.2: *Untersuchungen zur Circadianrhythmik der Körpertemperatur, Müdigkeit und "Befindlichkeit" nach der Eigenschaftswörterliste EWL-N*).

Zusammenhang zwischen Körperkerntemperatur und Mundbodentemperatur

Die Mundbodentemperatur (MB-Temp) ist stets niedriger als die Körperkerntemperatur (KK-Temp). Wenn man Fehlmessungen bedingt durch eine falsche Lagerung des Thermometers unter der Zunge oder durch den Einfluß der Atemluft ausschließt, hängt die Differenz zwischen KK-Temp und MB-Temp vom Energieumsatz des Organismus ab. Ein Maß für die Größe des Stoffwechsels bietet die Sauerstoffaufnahme pro Zeiteinheit. Unter Ruhebedingungen beträgt die O₂-Aufnahme beim Erwachsenen durchschnittlich 0,3 l/min. Dabei liegt die Temperaturdifferenz (KK-Temp - MB-Temp) bei einem Wert von 0,4° Celsius. Bei der Verrichtung schwerer Arbeiten steigt die O₂-Aufnahme bis zu einem Wert von ca. 2 l/min. Die Temperaturdifferenz (KK-Temp - MB-Temp) kann dann 1° Celsius und mehr betragen. (Wenzel, Piekarski 1982).

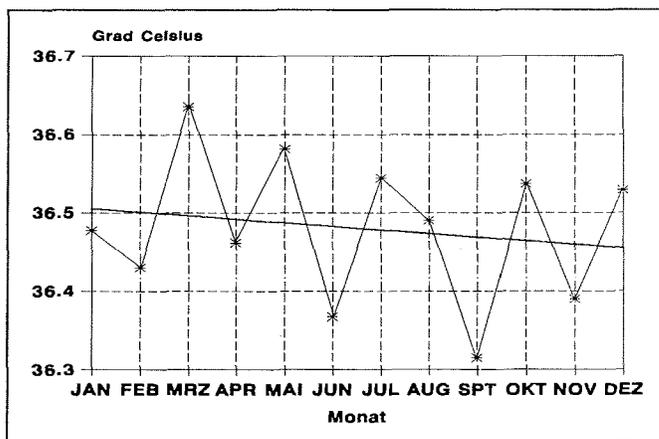
In der vorliegenden Untersuchung wurde der Messung der MB-Temp gegenüber der der KK-Temp näher kommenden rektalen Messung der Vorzug gegeben, da ihre Durchführung vom technischen Aufwand her einfacher ist und sie von Probanden eher akzeptiert wird.

Die Messungen der Körpertemperatur zur Beurteilung ihrer circadianen und jahreszeitlichen Schwankungen fanden unter weitgehend vergleichbaren Bedingungen statt. (Siehe Kapitel 4.1: *Anleitung zur Datenerhebung und Durchführung der Untersuchung*). Allerdings konnten Aufenthalte im Freien vor einem Meßzeitpunkt zu Beeinflussungen der Körpertemperatur führen. (Siehe Kapitel 4.2: *Methodische Probleme bei der Datenerhebung 2: Bedeutung der Aufenthalte im Freien vor einem Meßzeitpunkt...* und Kapitel 2.5: *Belastungen durch das antarktische Klima*). Wegen der Komplexität der die MB-Temp beeinflussenden Faktoren bei einem Aufenthalt im Freien (Lufttemperatur, Windverhältnisse, Bekleidung, körperliche Aktivität) ist eine genauere Abschätzung der Größenordnung einer solchen Beeinflussung im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich.

Die monatliche mittlere Mundbodentemperatur

Die jeweils an den zwei Meßtagen eines jeden Monats des Meßzeitraumes über alle MZP (1-6) für VPgesamt gemittelte MB-Temp ist in Abb. T-1 dargestellt. Sie nimmt ihrer Tendenz nach über das Jahr leicht ab. Ihre Werte liegen zwischen 36,64° C (größter arithm. Mittelwert) im Monat März und 36,32° C (kleinster arithm. Mittelwert) im September. Die Variationsbreite der arithmetischen Mittelwerte der MB-Temp ist also mit 0,32° C relativ klein.

Abb. T-1 MB-Temperatur:
Arithmetische Mittel, monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



Für den Korrelationskoeffizienten r der Regressionsgeraden in Abbildung T-1 errechnet sich ein Wert von $-0,09$. Da nur die 12 Monatsmittelwerte der MB-Temp zu seiner Berechnung genommen wurden, ist seine Aussagekraft gering und es läßt sich mit ihm lediglich eine Tendenz abschätzen. Für den in einen z -Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten läßt sich bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der Höhe der monatlichen mittleren MB-Temp und der Lage der Monate im Jahr nachweisen.

$n = 12$	$r = -0,09$	$z_F = -0,09$	$2 \sigma_z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_z$
----------	-------------	---------------	---------------------	--------------------

In Tabelle T-2 sind die Daten der statistischen Beschreibung der monatlichen mittleren MB-Temp aufgeführt. Die Anzahl der monatlichen Variablen (n), das arithmetische Mittel (MW), die Standardabweichung (s), der Minimalwert (Min), der Maximalwert (Max), der

Standardfehler (SE), die Summe der Variablen (Summe), die Varianz (s^2) und der Variabilitätskoeffizient (V) wurden mit Hilfe eines SAS-Programms bestimmt. Die Zahlen beziehen sich auf hundertstel Grad Celsius (Beispiel: MW 3647,75 entspricht einem aufgerundeten Wert von 36,48° C) und geben neben den arithmetischen Mitteln Aufschluß über die Streuungen der Werte in den einzelnen Monaten.

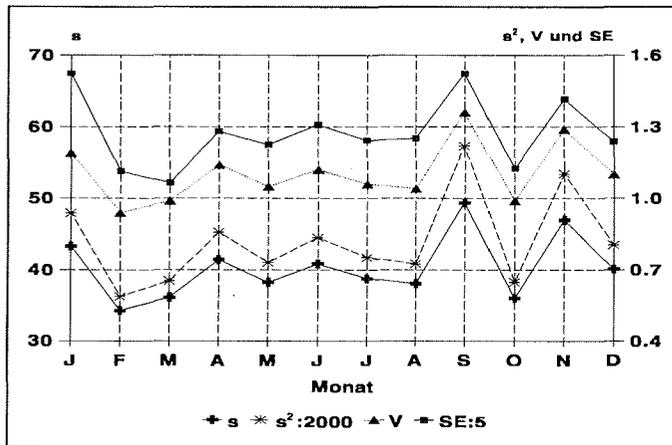
Die drei größten arithmetischen Mittel sehen wir im März, Mai und Juli, die drei kleinsten im Juni, September und November. Die drei kleinsten Standardabweichungen, Standardfehler, Varianzen und Variabilitätskoeffizienten finden sich für die Monate Februar, März und Oktober, die drei größten Standardabweichungen, Standardfehler, Varianzen und Variabilitätskoeffizienten entfallen auf die Monate Januar, September und November. Der bei den bisherigen Betrachtungen (Kapitel 5.1.1 bis 5.1.3.2: *Time-Budget-Studien*) meist auffällige Monat August tritt hier nicht besonders hervor.

Tab. T-2 Monatliche mittlere MB-Temperatur für VPgesamt:
Daten der statistischen Beschreibung (SAS-Programm)

Monat	n	MW	s	Min	Max	SE	Summe	s^2	V
Jan	40	3647,75	43,34	3517	3735	6,85	145910	1878,55	1,19
Feb	38	3643,05	34,32	3552	3691	5,57	138436	1177,73	0,94
Mrz	46	3663,54	36,17	3561	3731	5,33	168523	1308,52	0,99
Apr	42	3646,17	41,45	3506	3713	6,40	153139	1717,70	1,14
Mai	39	3658,15	38,27	3554	3735	6,13	142668	1464,82	1,05
Jun	39	3636,74	40,87	3541	3692	6,55	141833	1670,67	1,12
Jul	39	3654,44	38,82	3523	3719	6,22	142523	1507,36	1,06
Aug	37	3649,05	38,11	3536	3718	6,26	135015	1452,00	1,04
Spt	42	3631,52	49,40	3514	3695	7,62	152524	2440,50	1,36
Okt	41	3653,71	36,06	3572	3713	5,63	149802	1300,11	0,99
Nov	44	3639,00	46,99	3526	3734	7,08	160116	2208,00	1,29
Dez	42	3652,88	40,13	3539	3710	6,19	153421	1610,16	1,10

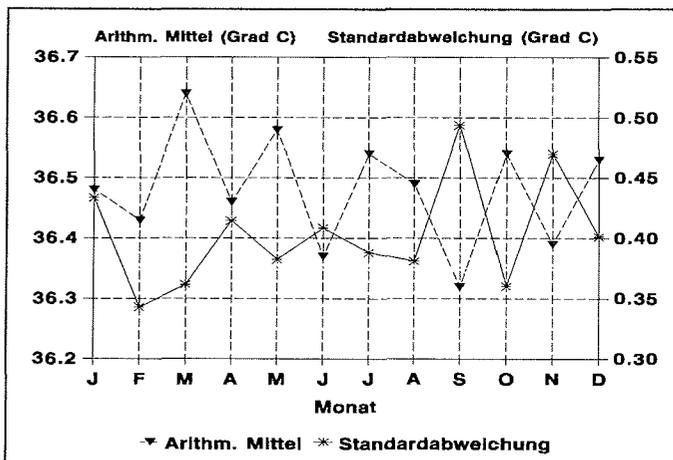
In Abb. T-2 sind die Skalen und/oder die Werte der vier Größen s , s^2 , V und SE zu Vergleichszwecken aufeinander abgestimmt. Ihre so determinierten Jahreslinienzüge verlaufen parallel zueinander. Die Jahresvariation der monatlichen arithmetischen Mittelwerte der MB-Temp entwickelt sich mit Einschränkung für den Monat Februar invers zum Verlauf der Jahreslinienzüge der vier oben genannten Größen. In Abb. T-3 wird dies am Beispiel des Vergleichs der Jahresverlaufslinien der Standardabweichungen und der arithmetischen Mittelwerte der MB-Temp gezeigt. Die arithmetischen Mittelwerte üben nur geringen Einfluß auf den Verlauf des Linienzuges der Variabilitätskoeffizienten aus, da sie äußerst eng beieinanderliegen. (Die Variationsbreite der arithmetischen Mittelwerte beträgt nur 0,34° C).

Abb. T-2 MB-Temperatur:
Standardabweichungen (s), Varianzen (s²), Variabilitätskoeffizienten (V), Standardfehler (SE), monatlich für VPgesamt



Standardabweichungen (s), Varianzen (s²), Variabilitätskoeffizienten (V) und Standardfehler (SE) der MB-Temperatur, monatlich für VPgesamt, Jahresverläufe; die Skalen der statistischen Größen und/oder ihre Werte wurden zu Vergleichszwecken einander angepaßt: Wir sehen Parallelverläufe der Linienzüge für die Größen s, s², V und SE. Relativ niedrige Werte von s, s² und V (und damit kleinere Streuungen) entfallen auf die Monate Februar, März und Oktober, relativ hohe Werte (und damit größere Streuungen) entfallen auf die Monate Januar, September und November.

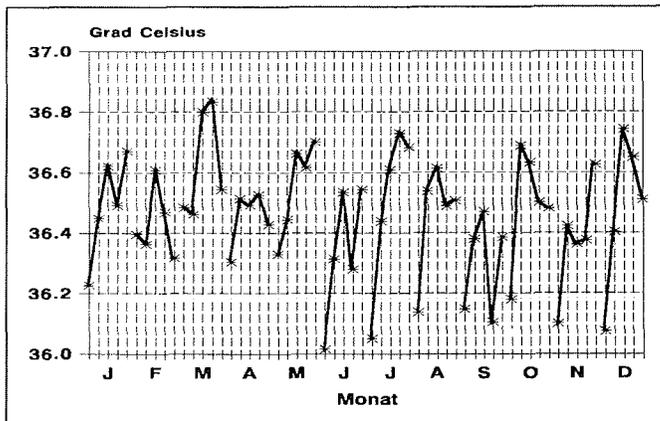
Abb. T-3 MB-Temperatur:
Arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen, monatlich für VPgesamt



Die monatlich für die einzelnen Meßzeitpunkte gemittelten MB-Temperaturen

In Abbildung T-4 sind die mittleren MB-Temp für die einzelnen MZP und Monate dargestellt. Jeder Linienzug zeigt die MZP 2 bis 6 als monatliches MB-Temperatur-Tagesprofil. Die MZP-1 (4.00 Uhr) wurden nicht berücksichtigt, da sie nur zweimal im gesamten Untersuchungszeitraum benannt wurden.

Abb. T-4 MB-Temperatur-Tagesprofile:
MZP 2 bis 6, monatlich für VPgesamt gemittelt



Die monatlich über den MZP-2 (8.00 Uhr) gemittelten MB-Temperaturen liegen neunmal deutlich unter den Werten der übrigen MZP. Dreimal (Februar, März, September) finden wir für die MZP-2 Temperaturwerte im unteren Bereich der mittleren Temperaturen der übrigen MZP. In der zweiten Jahreshälfte (Juni bis Dezember) liegen die MB-Temp-Werte der MZP-2 deutlich niedriger als in den Monaten Januar bis Mai.

Die MB-Temp über dem MZP-6 (24.00 Uhr) liegt nur im November deutlich oberhalb der MB-Temp-Werte der anderen MZP. Viermal (Januar, Mai, Juni, Juli) befindet sie sich nur wenig oberhalb oder an der oberen Grenze der MB-Temp-Werte der anderen MZP. Sechsmal bewegen sich ihre Werte im Bereich der Werte der übrigen MZP (März, April, August, September, Oktober, Dezember) und einmal liegt der MB-Temp-Wert des MZP-6 sogar unterhalb der anderen Werte des Tages (Februar). In den ersten Monaten (Februar bis Mai) und im September ist die Variationsbreite der Tagesprofile der MB-Temp kleiner als in den übrigen Monaten. Die größten Unterschiede zwischen kleinstem und größtem MB-Temp-Mittelwert eines Tagesprofils finden sich in den Monaten Juli und Dezember.

Signifikanzprüfungen der Unterschiede der mittleren MB-Temperaturen verschiedener Monatszeiträume

Der Linienzug in Abbildung T-1 läßt keine signifikanten Unterschiede der Höhe der mittleren MB-Temp in den zu vergleichenden Monatszeiträumen Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November mit Dezember (entsprechend den Einteilungen der Monatszeiträume in der Time-Budget-Studie) erwarten.

Tab. T-3 MB-Temperatur:
Arithmetische Mittel (in 100stel °C) und Anzahl (n) der Variablen,
Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten
Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (\bar{x})	n
Januar-Mai	$\bar{x}_1 = 3652,05$	205
Juni-Oktober	$\bar{x}_2 = 3644,93$	198
November-Dezember	$\bar{x}_3 = 3645,78$	86

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

Die Berechnungen zur Signifikanzprüfung wurden mit den Originaldaten durchgeführt. Für den Zeitraum Januar - Mai ist $n_1 = 205$, für Juni - Oktober ist $n_2 = 198$ und für November - Dezember $n_3 = 86$. Die arithmetischen Mittelwerte der MB-Temperatur betragen für die entsprechenden Monatszeiträume $\bar{x}_1 = 3652,05$, $\bar{x}_2 = 3644,93$ und $\bar{x}_3 = 3645,78$ (in hundertstel Grad Celsius).

Die Vergleiche der oben genannten Monatszeiträume hinsichtlich ihrer MB-Temperaturen fallen nicht signifikant unterschiedlich aus. (t-Test, siehe Tabelle T-3).

Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren Mundbodentemperatur

Um herauszufinden, inwieweit nicht benannte MZP die monatlichen Tagesmittelwerte der MB-Temp beeinflussen konnten, mußte geprüft werden, wie oft welche MZP nicht benannt worden waren (siehe Kapitel 4.2: *Frequenzierung der Meßzeitpunkte* und Tabelle T-4) und wie hoch die fehlenden Werte erwartungsgemäß hätten sein können.

Die MB-Temp-Werte für die MZP 3 bis 6 können gemeinsam betrachtet werden, da sie relativ

eng beieinander liegen. (Siehe Abb. T-4). Bei 480 möglichen Wahrnehmungen dieser MZP kam es in 53 Fällen (das entspricht 11 %) zu keiner Angabe. Die Werte der MZP-2 liegen unterhalb oder doch wenigstens im unteren Bereich der Werte der MZP 3 bis 6:

Bei 57 Vergleichen der Temperaturwerte von MZP-2 und MZP-3 ist in 48 Fällen (das entspricht 84,2 %) der Wert des MZP-2 kleiner als der Wert des MZP-3 und neunmal (= 15,8 %) ist der Wert des MZP-2 größer als der Wert des MZP-3.

Da bei 120 möglichen Wahrnehmungen des MZP-2 nur 60 Werte angegeben wurden (siehe Tabelle T-4), kann man vermuten, daß die Tagesmittelwerte der monatlichen MB-Temp niedriger ausgefallen wären, wenn die MZP-2 vollzähliger benannt worden wären.

Tab. T-4 Frequentierungen der einzelnen MZP im gesamten Untersuchungszeitraum für VPgesamt, ohne MZP-1

MZP	nicht benannte MZP (n)		nicht benannte MZP (in %)
MZP-2	60	[von 120]	50 %
MZP-3	4	53 [von 480]	11 %
MZP-4	11		
MZP-5	10		
MZP-6	28		

Aus Tabelle 4.3 (siehe Kapitel 4.2: *Die Frequentierung der MZP*) geht hervor, daß in den vier Quartalen des Untersuchungszeitraumes 22-mal, 14-mal, 13-mal und 11-mal an den MZP-2 Meßwerte erhoben wurden. Oder umgekehrt ausgedrückt wurden im ersten Quartal 8-mal, im zweiten Quartal 16-mal, im dritten Quartal 17-mal und im vierten Quartal 19-mal keine Meßwerte für MZP-2 genannt. Aus dem zuvor Gesagten folgt, daß die mittleren Tageswerte der MB-Temperatur im ersten Quartal des Untersuchungszeitraumes niedriger zu erwarten gewesen wären, wenn alle möglichen Werte an MZP-2 vorgelegen hätten. In den drei weiteren Quartalen müßten die Tagesmittelwerte der MB-Temperatur bei voller Ausnutzung der MZP-2 noch niedriger ausgefallen sein als im ersten Quartal. (Vergleiche Kapitel 5.2.2: *Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren Müdigkeit*).

Die Höhe der monatlichen mittleren MB-Temperatur ist also durchaus davon abhängig, wie hoch die Frequentierungen der verschiedenen MZP (2 bis 6) ausgefallen sind. Die Aussagen über die MB-Temperatur müssen dementsprechend kritisch gesehen werden.

Die 2-monatliche mittlere Mundbodentemperatur

Betrachtet man anstelle der monatlichen Tagesmittelwerte über zwei Monate gemittelte Werte der MB-Temp, wobei sich die 2-Monatszeiträume jeweils um einen Monat überdecken, kann man einen nichtlinearen Trend der MB-Temperaturentwicklung eher erfassen. (Vergleiche Abb. T-1 mit Abb. T-5). In Abb. T-5 ist ein Linienzug zu sehen, der diese für jeweils zwei Monate gemittelten Tageswerte der MB-Temp darstellt:

Ausgehend von einem im mittleren Bereich dieser 2-Monatswerte liegenden Wert für den Monatszeitraum Januar-Februar ($36,45^{\circ}\text{C}$) steigt der Linienzug bis zum Wert für März-April ($36,55^{\circ}\text{C}$) an und fällt dann bis August-September auf den niedrigsten Wert ($36,40^{\circ}\text{C}$) ab. Für den 2-Monatszeitraum Juli-August finden wir allerdings eine positive Zacke ($36,52^{\circ}\text{C}$), die nicht in den sonst geschwungenen Linienzug passen will. Zum Jahresende steigt die MB-Temp wieder auf eine Höhe, die der des Jahresbeginns entspricht ($36,46^{\circ}\text{C}$).

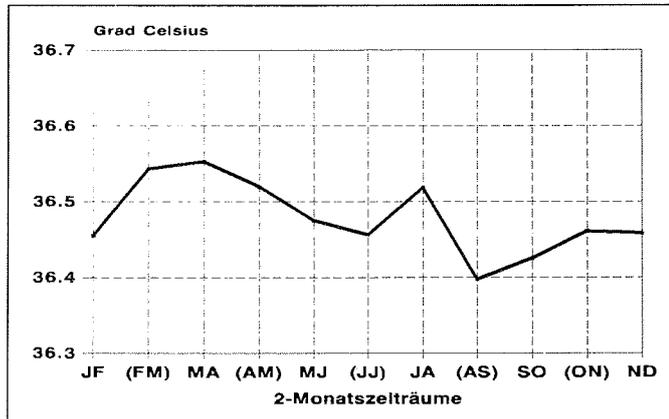
Der Vergleich des Linienzuges der monatlich gemittelten MB-Temp (Abb. T-1) mit dem Jahreslinienzug der 2-monatlich gemittelten MB-Temp (Abb. T-5) läßt folgende Fragen aufkommen:

Warum wechseln in der Darstellung der monatlich gemittelten MB-Temp die Temperaturwerte von Monat zu Monat (Ausnahme Januar, Februar und Juli, August) zwischen leicht höheren und niedrigeren Werten und warum bilden die Monate Januar und Februar mit relativ niedrigen Werten und die Monate Juli und August mit relativ hohen Werten Ausnahmen von diesen Wechseln ?

Die relativ geringen und im Jahreslauf zum Teil unregelmäßig eintretenden Unterschiede der monatlichen mittleren MB-Temp könnten ein Hinweis auf die Möglichkeit einer durch Kälteeinfluß hervorgerufenen Modulation der MB-Temp-Verlaufslinie unter der nicht bekannten (da nicht gemessenen) aber vermutlich stabileren Jahresverlaufslinie der Körperkerntemperatur sein. (Siehe Kapitel 2.5: *Thermoregulation und klimatische Einflüsse* und Kapitel 5.2.1: *Zusammenhang zwischen Körperkerntemperatur und Mundbodentemperatur*). Eine Kontrolle der Anteile der Meßzeitpunkte mit vorangehendem Aufenthalt im Freien ("MZPkalt"; vergleiche Tab. T-5) an der Gesamtzahl der Meßzeitpunkte (MZPgesamt) in den einzelnen Monaten des Untersuchungszeitraums liefert die Antwort:

Die Höhe der mittleren MB-Temp verhält sich weitgehend umgekehrt proportional zur Größe des prozentualen Anteils der "MZPkalt" an MZPgesamt. Die mittlere MB-Temp war relativ hoch, wenn relativ wenig Aufenthalte im Freien vor einem Meßzeitpunkt lagen, und relativ niedrig, wenn die Überwinterer vor den Meßzeitpunkten häufiger draußen waren. Eine Überprüfung der genauen Lage der Schneedrifzeiten (und damit der Tage, an denen die Überwinterer lieber in der Station blieben) bestätigt, daß die niedrigeren prozentualen Anteile

Abb. T-5 MB-Temperatur:
Arithmetische Mittel über 2-Monatszeiträume, VPgesamt



der "MZPkalt" an den MZPgesamt in Meßperioden fielen, an denen Drift herrschte bzw. lagen die höheren "MZPkalt"-Anteile an MZPgesamt in Meßperioden mit besserem Wetter. (Siehe Tab.T-5 und Tab. 2.8). Für den Monat Juli (Polarnacht) gilt außerdem, daß die Aufenthalte auch bei ruhigem Wetter vermutlich helligkeitsbedingt seltener waren. Im Monat Juni (Polarnacht) hingegen nahmen die "MZPkalt" trotz der Dunkelheit einen höheren Prozentsatz ein. Auch der Monat September, für den Drift und Schneesturm zur Zeit der Meßperiode angegeben wurden (siehe Tab. 2.8), zeigte eine relativ niedrige MB-Temp aufgrund eines auf die umliegenden Monate bezogenen höheren Anteils an "MZPkalt".

Die Höhe der monatlich gemittelten MB-Temp war also abhängig von der Häufigkeit der Aufenthalte im Freien vor MZP und unter Ausnahme der Monate Juni und September damit auch von der Wettersituation und/oder der Tageshelligkeit in den Meßperioden. Die unregelmäßige Schwankung der MB-Temp in Abb. T-1 ist einfach auf eine unterschiedlich starke Auskühlung der Körperschale durch die Außentemperatur zurückzuführen. So kommt es zu dem zuerst paradox erscheinenden Zusammenhang, daß die Körpertemperatur (Mundbodentemperatur) bei ungünstigen Wetterbedingungen (z.B. Juli-August) leicht höher und bei günstigerem Wetter (z.B. Januar-Februar) leicht niedriger als in den angrenzenden Monaten gemessen wurde.

Unter dem Aspekt der Bestimmung der MB-Temp durch die Außentemperatur erscheinen die monatlichen Tagesprofile der MB-Temp (siehe Abb. T-4) nun transparenter:

In den Monaten, in denen ein größerer Anteil an "MZPkalt" vorlag, zeigten die Tagesprofile abgesehen von ihrem relativ niedrigen Verlauf Linienzüge, die von den nach rechts geöffneten

Tab. T-5 Mundbodentemperatur:
 Relative Höhe der MB-Temp, monatlich für VPgesamt gemittelt, Quotient
 "MZPkalt" zu MZPgesamt und entsprechender prozentualer Anteil der
 "MZPkalt" an MZPgesamt, Wetterlagen/Tageshelligkeit in den Meßperioden

Monat	MB-Temp, relat. Höhe	"MZPkalt" : MZPgesamt	"MZPkalt" in % an MZPgesamt	Wetterlage, Helligkeit
Januar	niedrig	16 : 41	39,02 %	keine Drift, Polartag
Februar	niedrig	16 : 38	42,11 %	keine Drift, lange hell
März	hoch	8 : 46	17,39 %	Drift , Tag-Nacht-Gleiche
April	niedrig	13 : 42	30,95 %	keine Drift, weniger hell
Mai	hoch	9 : 39	23,08 %	Drift , lange dunkel
Juni	niedrig	11 : 39	28,21 %	keine Drift, Polarnacht
Juli	hoch	3 : 40	7,50 %	keine Drift, Polarnacht
August	hoch	4 : 37	10,81 %	Drift , lange dunkel
September	niedrig	9 : 42	21,43 %	Drift , Tag-Nacht-Gleiche
Oktober	hoch	5 : 40	12,50 %	Drift , länger hell
November	niedrig	16 : 43	37,21 %	keine Drift, lange hell
Dezember	hoch	11 : 42	26,19 %	Schneefall , Polartag

umgekehrt u-förmigen Linienzügen der Monate mit geringerem "MZPkalt"-Anteil (z.B. Juli, August, Oktober) abweichen. Besonders fallen die Tagesprofile der Monate mit höherem "MZPkalt"-Anteil bei ungünstigem Wetter (Juni, September) durch stark gezackte Linienzüge auf.

Der relativ niedrige Wert des 2-Monatszeitraums Januar-Februar läßt sich möglicherweise, jedoch nicht sehr wahrscheinlich zusätzlich durch die Umstellung der Jahresrhythmik der Körpertemperatur der Überwinterer erklären. Sie wechselten in relativ kurzer Zeit vom Winter der nördlichen Erdhalbkugel zum Polarsommer der Antarktis. (Vergleiche Kapitel 2.1: *Der durch die Anreise bedingte Wechsel der Jahreszeit*). Erst im Doppelmonat März-April wäre dann die dem Polarsommer entsprechende höhere Körpertemperatur erreicht worden.

Eine zusätzliche Erklärung für den höheren MB-Temperaturwert des 2-Monatszeitraums Juli-August könnte darin liegen, daß in die Monate Juli und August (auf die angrenzenden Monate bezogen) relativ kürzere Schlaflängen und relativ späte Schlafmitten verbunden mit besonderen Aktivitäten am Abend bis zum frühen Morgen fielen, sodaß hierdurch eventuell die Temperatur im Sinne eines verzögerten Abfalles oder eines erhöhten Plateaus wie bei Schlafentzug oder Nachtarbeit beeinflusst werden konnte. (Siehe Kapitel 3.2: *Rhythmik psychischer Funktionen*; Kieswetter u.a. 1981; siehe Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber*; Aschoff 1960,

1981b). Insbesondere die VP-1 und VP-2 waren hier aufgefallen. (Siehe Kapitel 5.1.3.2: *Nachtschlaf*). Ihre aus der Reihe fallenden Schlafdaten könnten über eine Einwirkung auf ihre Körpertemperatur natürlich besonders stark die für VPgesamt gemittelten MB-Temp-Werte bestimmt haben, da die Gruppe der Probanden nur aus fünf Personen bestand.

Die für die Monate Januar-Februar und Juli-August geäußerten zusätzlichen Gründe (Umstellung auf den Polarsommer, Schlafdeprivation) müßten im Gegensatz zu kürzeren Aufenthalten in der Kälte, die lediglich eine Abnahme der Temperatur der Körperschale (Mundbodentemperatur) bewirken konnten, zu Veränderungen der Körperkerntemperatur geführt haben. Da diese nicht gemessen wurde, lassen sich die aufgestellten Vermutungen nicht beweisen.

Der für das 2-Monatsfenster Juli-August erhöhte Tagesmittelwert der MB-Temp (siehe Abb. T-5) ist jedenfalls zufallsbedingt, denn die oben angeführten möglichen Gründe (Einfluß der Außentemperaturen und verschobene Schlafzeiten) hätten bei entsprechend anderer äußerer Konstellation genausogut in einem oder auch mehreren anderen 2-Monatsfenstern zum Tragen kommen können. Auch der für Januar-Februar gemittelte MB-Temperaturwert ist, soweit man seine relativ niedrige Höhe als wetterbedingt interpretiert, zufällig.

Wir finden also - abgesehen von den erklärbaren Ausnahmen für die 2-Monatszeiträume Januar-Februar und Juli-August - eine Schwankung der MB-Temp im Verlauf des Jahres, die einen Einfluß der Jahreszeit auf die Körpertemperatur im Sinne einer winterlichen Depression vermuten lassen kann.

Der Gruppenmittelwert-Cosinor der MB-Temperatur

Die Gruppenmittelwert-Cosinor-Methode wurde für VPgesamt auf der Grundlage der Einzelmittelwert-Cosinor-Berechnungen für VP (1-5) angewendet (SAS-Programm).

Der Gruppenmittelwert-Cosinor wurde nur für 2-Monatsfenster, die sich um jeweils einen Monat überschneiden, betrachtet, da bei weiter gefaßten Monatsfenstern (3 oder 4 Monate) charakteristische Veränderungen der MB-Temperatur im Bereich einzelner Monate verloren gingen.

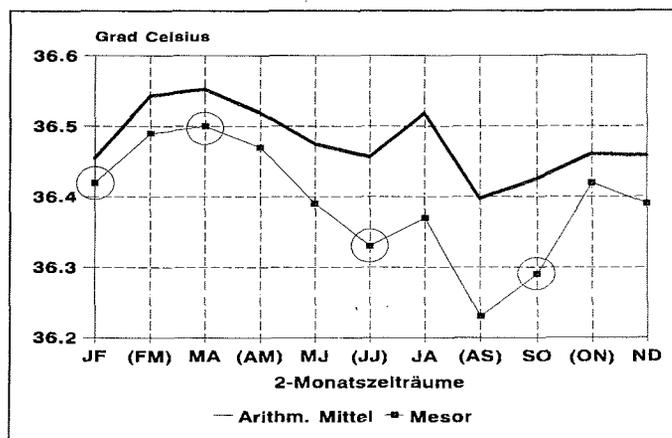
Aufgrund der geringen Anzahl der Probanden werden die Verläufe der Jahreskurven der Cosinorschätzgrößen (Mesor, Amplitude, Akrophase) durch die Daten der einzelnen Probanden nicht unerheblich beeinflusst. Aus Gründen des Umfangs dieser Untersuchung mußte jedoch auf eine detaillierte Darstellung der Einzelmittelwert-Cosinor-Berechnungen für die einzelnen Probanden verzichtet werden. Dies gilt auch für die anderen mit den Cosinor-Methoden untersuchten Variablen der "Befindlichkeit" nach der EWL-N.

Die Gruppenmesorwerte der MB-Temperatur

Die MB-Temperatur-Mesorwerte als Mittelwerte der Cosinorfunktionswerte in den 2-Monatsfenstern können aneinandergereiht einen mittleren Jahresverlauf der untersuchten Variablen angeben.

Im Vergleich zu den ebenfalls über zwei Monate gemittelten arithmetischen Mitteln für VPgesamt liegen die Gruppenmesorwerte in sämtlichen elf 2-Monatsfenstern auf niedrigerem Niveau. Die Unterschiede sind in den vier 2-Monatszeiträumen Juni-Juli, Juli-August, August-September und September-Oktober besonders groß. Die Linienzüge der arithmetischen Mittelwerte und der Mesorwerte verlaufen aber im wesentlichen parallel. Die unterschiedliche Höhe dieser Linienzüge läßt sich durch die Anpassung der Cosinor-Funktionswerte an die gemessenen Werte erklären, denn während das arithmetische Mittel unmittelbar von der Anzahl und Höhe der Meßwerte in einem 2-Monatsfenster abhängt, paßt die cosinoidale Funktion ihre Funktionswerte und damit auch den Mesor unabhängig von der Häufigkeit von Meßwerten in den einzelnen Zeitreihenabschnitten (d.h. an den einzelnen MZP) diesen Meßwerten an. Fällt die Relation der Meßwertanzahl unterhalb eines Mesorwertes zur Meßwertanzahl oberhalb eines Mesorwertes ungünstig aus (wie in unserem Beispiel), dann liegt das arithmetische Mittel oberhalb des Mesors und zwar umso höher, je ungünstiger diese Relation ausfällt. (Siehe Abbildung T-6).

Abb. T-6 MB-Temperatur:
Gruppenmesor und arithmetische Mittel in 2-Monatsfenstern, für VPgesamt



Monatsfenster mit abhängigen Meßwerten (siehe Tab. T-6, Legende) sind in Klammern gesetzt. Kreise markieren Gruppenmesorwerte signifikanter Circadianrhythmen. (Im folgenden werden in allen Abbildungen, die Cosinor-Schätzgrößen enthalten, Werte signifikanter Circadianrhythmen durch Kreise gekennzeichnet.)

Das in Kapitel 5.2.1 (*Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren Mundbodentemperatur*) beschriebene Problem der "Mittelwertverfälschung" durch unterschiedliche MZP-Frequentierungen kann also mit der Cosinor-Methode unter der Voraussetzung, daß es sich bei den untersuchten Tagesschwankungen um signifikante Circadianrhythmen handelt, umgangen werden. Eine Beschreibung einer Circadianrhythmik mit Cosinor-Schätzgrößen (Mesor, Amplitude, Akrophase) ist dann einer Beschreibung durch andere statistische Größen (arithmetische Mittel) deutlich überlegen. Für nicht signifikant circadianrhythmische Tagesverläufe der Werte einer Variablen mögen allerdings die Beschreibungen mit arithmetischem Mittel und subjektiver Verlaufseinschätzung überlegen sein. Nach Lage des Falles können diese unterschiedlichen Methoden einander ergänzen.

Im Jahresverlauf des Gruppenmesors der MB-Temperatur sehen wir einen Linienzug, der im Sommer (ab [FM]) höher, im Herbst abfallend, im Winter (mit Ausnahme für das 2-Monatsfenster Juli-August; zur Erklärung siehe Kapitel 5.2.1: *Die 2-monatliche mittlere Mundbodentemperatur*) tiefer und im Frühjahr ansteigend verläuft.

Die nicht durch Kreise gekennzeichneten "Mesoren" in Abb. T-6 sind allerdings nicht verlässlich, da für ihre 2-Monatszeiträume keine signifikante Circadianrhythmik durch einen

Tab. T-6 MB-Temperatur:
Gruppenmittelwert-Cosinor (für 2-Monatszeiträume): Mesor mit Standardfehler, Amplitude und Akrophase mit 95%-Konfidenzintervallen, Rhythmus-signifikanz

2-Monats-Zeitraum	Mesor [°C] und (SE)	Amplitude [°C] (95%-Konf.-Int.)	Akrophase [h.min] (95%-Konf.-Int.)	Rhythmus-signifikanz
JF	36,42 (0,18)	0,16 (0,04-0,63)	17.34 (09.01-19.46)	0,0143 *
[FM]	36,49 (0,21)	0,21 (0,05-0,57)	18.00 (06.00-06.00)	0,0960
MA	36,50 (0,19)	0,21 (0,01-0,48)	17.53 (11.39-22.31)	0,0455 *
[AM]	36,47 (0,16)	0,14 (0,11-0,47)	18.51 (06.51-06.51)	0,1897
MJ	36,39 (0,13)	0,19 (0,18-0,57)	18.37 (06.37-06.37)	0,2268
[JJ]	36,33 (0,18)	0,27 (0,14-0,81)	18.12 (12.41-22.15)	0,0055 **
JA	36,37 (0,23)	0,30 (0,16-1,00)	17.29 (05.29-05.29)	0,1391
[AS]	36,23 (0,33)	0,31 (0,26-1,09)	15.37 (03.37-03.37)	0,2788
SO	36,29 (0,19)	0,27 (0,02-0,68)	15.30 (12.42-22.59)	0,0373 *
[ON]	36,42 (0,06)	0,13 (0,05-0,45)	17.21 (05.21-05.21)	0,1071
ND	36,39 (0,06)	0,22 (0,01-0,50)	18.56 (06.56-06.56)	0,0605

Rhythmus-signifikanz: * : $p \leq 0,05$, ** : $p \leq 0,01$, *** : $p \leq 0,001$
keine Angabe: kein signifikanter Rhythmus

Unabhängige Meßwerte: Meßwerte in 2-Monatsfenstern von Januar bis Dezember, die sich nicht überschneiden

Abhängige Meßwerte: Meßwerte in 2-Monatsfenstern von Februar bis November (in Klammern gesetzt), die sich mit den 2-Monatsfenstern der unabhängigen Meßwerte überschneiden

Rhythmussignifikanztest nachgewiesen werden konnte. (Amplitudentest, siehe Kapitel 4.3: *Methoden der Cosinor-Analysen*; siehe Tabelle T-6: ...*Rhythmussignifikanz*).

Circadianrhythmik wurde für die vier 2-Monatszeiträume JF, MA, JJ und SO signifikant bewiesen. Die Mesorwerte dieser 2-Monatszeiträume sind verlässlich und liegen im Polar-sommer und -herbst mit $36,42^{\circ}\text{C}$ und mit $36,50^{\circ}\text{C}$ (unabhängige Werte) höher als im Polar-winter und -frühjahr mit $36,33^{\circ}\text{C}$ (abhängiger Wert) und $36,29^{\circ}\text{C}$ (unabhängiger Wert; siehe Tabelle T-6, Legende).

Die Variationsbreite aller Mesorwerte der MB-Temp beträgt $0,27^{\circ}\text{C}$, die der Mesorwerte aus signifikanter Circadianrhythmik $0,21^{\circ}\text{C}$. Sie ist deutlich größer als die Variationsbreite der arithmetischen Mittelwerte für 2-Monatsfenster mit $0,15^{\circ}\text{C}$.

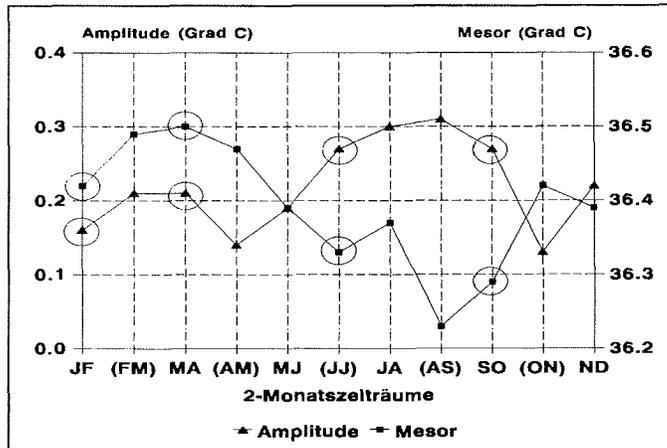
Durch die Beschränkung des Untersuchungszeitraumes auf zwölf Monate (siehe Kapitel 4.1: *Der Untersuchungszeitraum, die Meßperioden*) ist der Jahreszyklus nicht geschlossen. Somit kann über eine Beschreibung einer jahreszeitlichen Variation der Circadianrhythmik hinaus keine circannuale Rhythmik bestimmt werden. Dies gilt ebenso für die später folgenden Variablen, die mit der Cosinor-Methode analysiert wurden.

Die Gruppenamplituden der MB-Temperatur

Ein Rhythmussignifikanztest (Amplitudentest) belegt die Signifikanz einer Circadianrhythmik. Die Höhe der Amplitude einer Tagesschwankung gibt dann Aufschluß darüber, ob die Variable einem starken oder schwachen (stabilen oder labilen) Circadianrhythmus unterliegt. Ein Circadianrhythmus kann seine Destabilisierung in einer verkleinerten Amplitude der Tagesschwankung physiologischer Funktionen zeigen. (van Loon 1963, Reinberg u.a. 1975a; Smith 1979; siehe Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber*).

Für die Amplituden, die mit dem Gruppenmittelwert-Cosinor für 2-Monatszeiträume errechnet wurden, ergibt sich ein Jahreslinienzug (siehe Abbildung T-7), der im wesentlichen invers zum Jahreslinienzug der MB-Temperatur-Gruppenmesorwerte verläuft: niedrigen Werten der Amplituden für die 2-Monatsfenster Januar-Februar bis Mai-Juni folgen im Polarwinter höhere Amplituden (Juni-Juli bis September-Oktober) und in den zwei letzten 2-Monatsfenstern wieder niedrigere Werte. Die Variationsbreite der Amplituden in den elf 2-Monatszeiträumen ist mit $0,18^{\circ}\text{C}$ ($0,13^{\circ}\text{C}$ bis $0,31^{\circ}\text{C}$) gering. Signifikante Circadianrhythmen liegen in den 2-Monatszeiträumen Januar-Februar, März-April, Juni-Juli und September-Oktober vor. Ihre Amplituden sind somit als nicht zufällig zu bewerten. Die Amplitudenwerte in den übrigen 2-Monatsfenstern entstammen keinen signifikanten Circadianrhythmen und sind demnach Zufallswerte.

Abb. T-7 MB-Temperatur:
Gruppenamplituden und Gruppenmesorwerte in 2-Monatszeiträumen



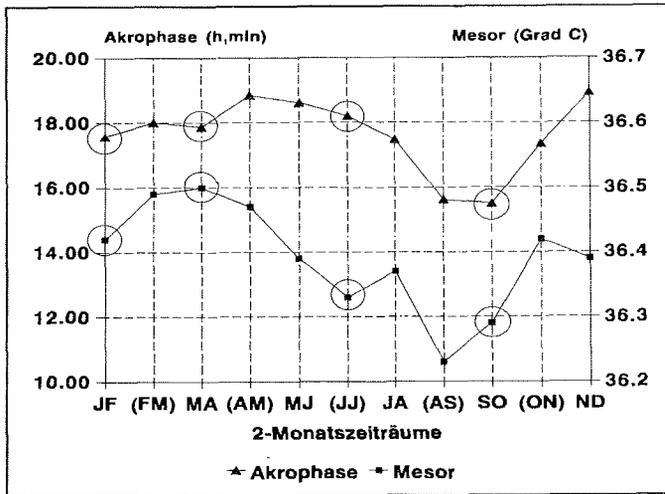
Vergleicht man die Amplituden der signifikanten Tagesschwankungen miteinander, sieht man, daß die ersten zwei Amplituden kleiner als die zweiten zwei Amplituden sind, und daß damit im Winter-Frühjahr gegenüber Sommer-Herbst eine Tendenz zur stabileren Circadianrhythmik vorlag. Die Zeit der größeren Amplituden ist mit niedrigeren Mesorwerten verbunden. (Siehe Tab. T-6 und Abb. T-7).

Die Gruppenakrophasen der MB-Temperatur

Die Gruppenakrophasen der MB-Temperatur werden wie die Gruppenamplituden und Gruppenmesoren für 2-Monatszeiträume betrachtet. Sie können einen möglicherweise auftretenden Trend einer graduellen Verschiebung des Circadianrhythmus im Laufe des Jahres für die untersuchte Gruppe markieren. Für die Periodendauer der Circadianrhythmik konnte eine Zeit von 24 Stunden veranschlagt werden.

Für die Gruppenakrophase finden wir einen Jahreslinienzug, der sich im ersten Halbjahr des Untersuchungszeitraums bei ca. 18.00 Uhr hält. In diese Zeitspanne fallen auch drei von insgesamt vier Akrophasen, für deren Tagesschwankungen eine Rhythmussignifikanz nachgewiesen wurde (Jan-Feb, 17.34 Uhr; März-April, 17.53 Uhr; Juni-Juli, 18.12 Uhr). Die vierte Akrophase mit zugehöriger signifikanter Tagesschwankung liegt im Doppelmonat September-Oktober (15.30 Uhr) um 2 Stunden und 42 Minuten früher als die Akrophase des 2-Monatszeitraumes Juni-Juli. (Siehe Abb. T-8).

Abb. T-8 MB-Temperatur:
 Gruppenakrophasen und Gruppenmesorwerte in 2-Monatsfenstern



Es findet also für VPgesamt vom Beginn des Winters (Juni-Juli) bis zum Beginn des Frühjahrs (September-Oktober) für die Tagesschwankung der MB-Temperatur eine Phasenvorverlegung um ca. 2 3/4 Stunden statt, während im ersten Halbjahr keine Phasenverschiebungen größeren Ausmaßes zu sehen sind. Die sieben weiteren Akrophasenwerte sind aufgrund mangelnder Rhythmussignifikanzen ihrer Tagesschwankungen nicht verlässlich. Insofern kann der Anstieg der Akrophasenwerte in den 2-Monatszeiträumen Oktober-November und November-Dezember zufallsbedingt sein. (Siehe Abbildung T-8 und Tab. T-6). Der Linienzug zeigt entfernt einen Parallelverlauf zum Jahreslinienzug der Gruppenmesoren und einen inversen Verlauf zum Jahreslinienzug der Gruppenamplituden.

Ein niedrigerer Gruppenmesor der MB-Temp (in der polaren Winterzeit) fällt demnach mit einer größeren Gruppenamplitude (d.h. mit einer stabileren Circadianrhythmik) zusammen. Eine Abhängigkeit zwischen der Höhe der Gruppenmesoren und der Gruppenakrophasen der MB-Temp läßt sich nicht erkennen.

5.2.2 Müdigkeit

Die Müdigkeit (momentane Aktivität) wurde zusammen mit der Bearbeitung der EWL und der Messung der Körpertemperatur an den Meßzeitpunkten (MZP) der zwei Meßtage eines jeden Monats beurteilt. Bei Nutzung aller MZP eines Meßtages konnten pro Tag und Proband sechs Werte bestimmt werden. MZP-1 (04.00 Uhr) wurde allerdings lediglich in den Monaten Oktober und November nur je einmal benannt.

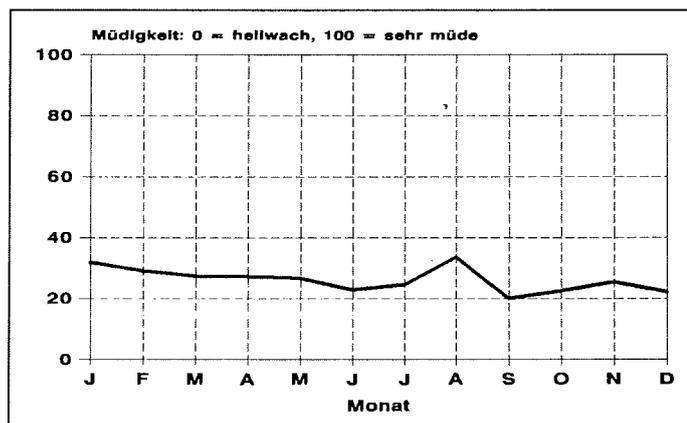
Zur Beurteilung sollte auf einer 10 cm langen ungraduierten visuellen Analogskala mit den Endpunkten "hellwach" und "sehr müde" eine Stelle markiert werden, die der subjektiven Einschätzung der momentanen Müdigkeit entsprach. Diese Stellen wurden später ausgemessen und entsprechend ihrer Millimeterzahlen auf den Skalen mit einer Wertigkeit von 0 (hellwach) bis 100 (sehr müde) versehen.

Die monatliche mittlere Müdigkeit

Die monatlich für VPgesamt über alle MZP (1-6) gemittelte Müdigkeit in Abb. M-1 nimmt tendenziell über das Jahr leicht ab. Ihre Werte liegen sämtlich im Bereich des unteren Drittels der Müdigkeitsskala. Auffällig ist ein erhöhter mittlerer Müdigkeitswert im Monat August sowie in abgeschwächter Form im November. (Siehe Abb. M-1).

Die Anzahl der monatlichen Variablen (n), das arithmetische Mittel (MW), die Standardabweichung (s), der Minimalwert (Min), der Maximalwert (Max), der Standardfehler (SE), die Summe aller Variablen (Summe), die Varianz (s^2) und der Variabilitätskoeffizient (V) sind

Abb. M-1 Müdigkeit:
Arithmetische Mittel, monatlich für VPgesamt



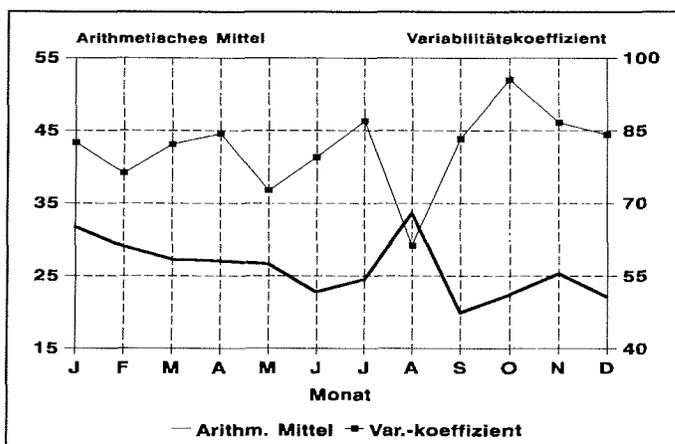
Tab. M-1 Monatliche mittlere Müdigkeiten für VPgesamt:
Statistische Daten (SAS-Programm)

Monat	n	MW	s	Min	Max	SE	Summe	s ²	V
Jan	41	31,73	26,19	1,00	87,00	4,09	1301	685,70	82,52
Feb	38	29,05	22,15	1,00	86,00	3,59	1104	490,75	76,25
Mrz	46	27,30	22,43	1,00	97,00	3,31	1256	503,28	82,16
Apr	42	27,07	22,82	1,00	79,00	3,52	1137	520,60	84,38
Mai	39	26,26	19,34	1,00	75,00	3,10	1038	373,87	72,65
Jun	39	22,79	18,11	1,00	67,00	2,90	889	328,06	79,46
Jul	40	24,48	21,29	1,00	82,00	3,37	979	453,44	87,00
Aug	37	33,62	20,60	1,00	71,00	3,39	1244	424,19	61,26
Spt	42	19,95	16,62	1,00	72,00	2,56	838	276,14	83,29
Okt	41	22,37	21,37	1,00	82,00	3,34	917	456,79	95,56
Nov	43	25,30	21,94	1,00	90,00	3,35	1088	481,50	86,72
Dez	42	22,10	18,60	1,00	78,00	2,87	928	345,94	84,18

Tabelle M-1 zu entnehmen. Die Zahlen in Tabelle M-1 geben insbesondere Aufschluß über die Streuungen der Werte in den einzelnen Monaten.

Die kleinste Anzahl n sowie der größte Mittelwert der Müdigkeitsbeurteilungen und der kleinste Wert der Variabilitätskoeffizienten entfallen auf den Monat August. D.h. die in Relation zum absoluten Wert des hohen arithmetischen Mittels des Monats August gesetzte Standardabweichung ($\text{Standardabweichung} \times 100 : | \text{arithm. Mittel} |$) ist kleiner als in den anderen Monaten mit kleinerem Müdigkeitsmittelwert. Insgesamt verläuft der Linienzug für die

Abb. M-2 Müdigkeit:
Arithmetische Mittel (Müdigkeitsskala 0 - 100), Variabilitätskoeffizienten, monatlich für VPgesamt

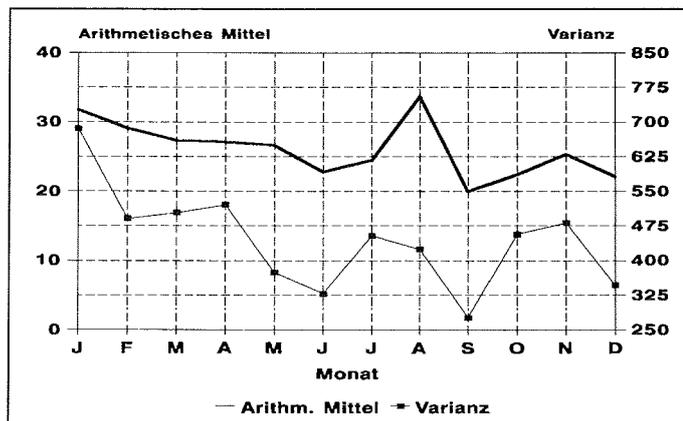


monatlichen arithmetischen Mittel tendenziell invers zum Linienzug der Variabilitätskoeffizienten. (Siehe Abbildung M-2).

Die Standardabweichung liegt bis April über einem Wert von 22, ab Mai ist sie kleiner als 22. Dementsprechend ist die Varianz bis April größer als 490, ab Mai ist sie kleiner als 482. Die mittleren Streuungen um das arithmetische Mittel sind also in den ersten 4 Monaten des Jahres größer als in den Monaten Mai bis Dezember. Hier besteht ein positiver Zusammenhang zur Anzahl der wahrgenommenen MZP 2 und 6. (Vergleiche Tabelle M-4).

In Abbildung M-3 sind die monatlichen arithmetischen Mittelwerte der Müdigkeit und die dazugehörigen Varianzen dargestellt. Man erkennt einen nicht strengen Parallelverlauf der Kurven. Insbesondere der Varianzwert im Monat August fällt zu gering aus. D.h. die Streubreite der Müdigkeitswerte ist bis zu einem gewissen Grad positiv mit der Höhe der mittleren Müdigkeitswertigkeit verbunden.

Abb. M-3 Müdigkeit:
Arithmetische Mittel (Müdigkeitsskala 0 - 100), Varianzen,
monatlich für VPgesamt

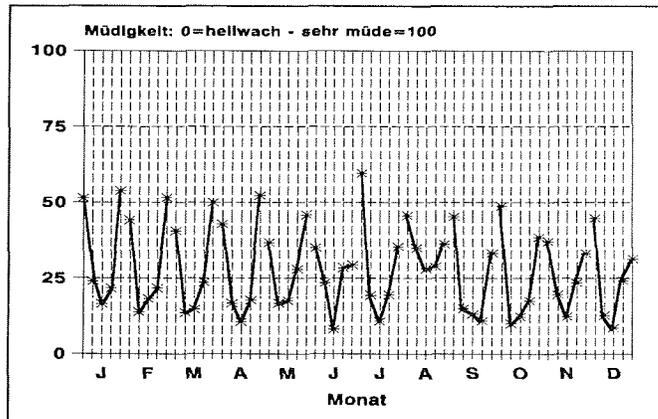


Die monatliche mittlere Müdigkeit zur Zeit der einzelnen Meßzeitpunkte

In Abb. M-4 werden die monatlichen Mittelwerte der Müdigkeit für VPgesamt über den einzelnen MZP dargestellt. Die MZP-1 werden dabei nicht berücksichtigt, da sie nur im Oktober und November je einmal genannt wurden. Diese monatlichen Tagesprofile zeigen sämtlich eine U-Form, die durch eine Rechtsschiefe gekennzeichnet ist: die Minimalwerte finden sich viermal bei 12.00 Uhr, siebenmal bei 16.00 Uhr und einmal bei 20.00 Uhr.

Man sieht, daß die morgendlichen und abendlichen mittleren Müdigkeitswerte (die MZP 2

Abb. M-4 Müdigkeit:
 Monatlich für VPgesamt über den MZP 2 bis 6 gemittelt
 (monatliche Tagesprofile)



und 6 entsprechen dem ersten und fünften Wert jeder monatlichen u-förmigen Kurve in Abb. M-4) im mittleren bis unteren mittleren Bereich der Müdigkeitsskala liegen, die übrigen MZP (die MZP 3, 4 und 5 entsprechen dem 2., 3. und 4. Wert der u-förmigen Kurven) sind weiter zum "wachen Ende" der Skala hin angesiedelt. Im Monat August liegen die Werte der MZP 3, 4 und 5 über dem Niveau der übrigen Monate während sich die Werte der MZP 2 und 6 in der Höhe der MZP-2/6-Werte der umliegenden Monate befinden.

Tab. M-2 Müdigkeit:
 Monatliche und jahreszeitliche mittlere Minimal- und Maximalwerte
 entsprechend Abbildung M-4

	größte Müdigkeit an MZP (Uhrzeit)	kleinste Müdigkeit an MZP (Uhrzeit)	kleinste Müdigkeit: Jahreszeit, Uhrzeit
Jan	6 (24.00)	4 (16.00)	Sommer
Feb	6 (24.00)	3 (12.00)	14.00 Uhr
Mrz	6 (24.00)	3-4 (14.00)	
Apr	6 (24.00)	4 (16.00)	Herbst
Mai	6 (24.00)	3-4 (14.00)	15.20 Uhr
Juni	2 (08.00)	4 (16.00)	
Jul	2 (08.00)	4 (16.00)	Winter
Aug	2 (08.00)	4-5 (18.00)	18.00 Uhr
Spt	2 (08.00)	5 (20.00)	
Okt	2 (08.00)	3 (12.00)	Frühling
Nov	2 (08.00)	4 (16.00)	14.40 Uhr
Dez	2 (08.00)	4 (16.00)	

Von Januar bis Mai sind die Monatsmittelwerte der MZP-2 (08.00 Uhr) niedriger als die gleichmonatigen Mittelwerte der MZP-6 (24.00 Uhr), von Juni bis Dezember ist dies umgekehrt der Fall. Das heißt die VP (1-5) waren in der ersten Hälfte des Jahres morgens wacher als abends und in der zweiten Hälfte des Jahres morgens müder als abends. Die Phase der Müdigkeit hat sich also deutlich auf eine spätere Tageszeit verschoben. Auch an den kleinsten Müdigkeitswerten ist das gut zu zeigen. Sie liegen im Mittel im 1. Quartal des Jahres bei 14.00 Uhr, im 2. Quartal bei 15.20 Uhr, im 3. Quartal bei 18 Uhr und im 4. Quartal bei 14.40 Uhr. Die mittlere Phase der kleinsten Müdigkeit ist im Winter (Juli bis September) gegenüber dem Sommer (Januar bis März) um 4 Stunden von 14 Uhr auf 18 Uhr verschoben. Im Frühling liegt die Phase wieder um $3 \frac{1}{3}$ Stunden früher als im Winter. (Siehe Tab. M-2).

Signifikanzprüfungen von Unterschieden der mittleren Müdigkeiten verschiedener Monatszeiträume

Um zu prüfen, ob sich die Einschätzung der Müdigkeit im Laufe des Jahres deutlich veränderte, wurden hier drei unterschiedlich lange Zeiträume entsprechend ihrer verschiedenen langen Tageshelligkeitsdauern und der Wetterverhältnisse (wie bei der Wahl der zu vergleichenden Zeiträume bei der Time-Budget-Studie und bei der MB-Temperatur) hinsichtlich ihrer mittleren Müdigkeiten miteinander verglichen.

Zur Berechnung der arithmetischen Mittelwerte der Müdigkeit in diesen drei Zeiträumen sowie für die Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede mittels t-Test wurden die Originaldaten verwendet.

Für den Zeitraum Januar - Mai ist $n_1 = 206$, für Juni - Oktober ist $n_2 = 199$ und für die Monate November - Dezember $n_3 = 85$. Die arithmetischen Mittelwerte der Müdigkeitseinschätzungen

Tab. M-3 Müdigkeit:
Arithmetische Mittel und Anzahl (n) der Variablen,
Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten
Monatsfenstern des Untersuchungszeitraums (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 28,33$	206
Juni-Oktober	$x_2 = 24,47$	199
November-Dezember	$x_3 = 23,73$	85

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

betragen für die entsprechenden Monatszeiträume $x_1 = 28,33$, $x_2 = 24,47$ und $x_3 = 23,73$.

Die Vergleiche der mittleren subjektiven Müdigkeitseinschätzungen für VPgesamt in den Zeiträumen Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November mit Dezember fallen nicht signifikant unterschiedlich aus. (Siehe Tabelle M-3).

Dieses Ergebnis bedeutet, daß die Probanden trotz der tendenziellen Müdigkeitsabnahme über das Jahr (siehe Abb. M-1) und trotz der Verschiebung der Müdigkeitsphase auf eine spätere Tageszeit im Winter (siehe Abb. M-4, Tab. M-2) ihre Müdigkeit in keinem der ausgewählten Zeiträume signifikant höher oder niedriger einschätzten. Insbesondere konnte eine eventuell für den Polarwinter erwartete höhere Müdigkeitseinschätzung ausgeschlossen werden.

Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren Müdigkeit

Bei den zuvor bearbeiteten Variablen der Time-Budget-Studie (Tagesarbeitszeit und Arbeitsbeginn, Schlaflänge, Schlafmitte und Schlafqualität) handelte es sich um jeweils nur einen Wert pro Meßtag und Proband, der zur Berechnung von Mittelwerten etc. diente. Bei der Müdigkeit wie auch den anderen Variablen (Körpertemperatur, EWL-Daten), die an den verschiedenen MZP festgestellt wurden, konnten bis zu sechs Werte entsprechend den sechs MZP pro Meßtag und Versuchsperson zusammenkommen. Die monatliche mittlere Müdigkeit setzt sich also entsprechend den verschiedenen MZP aus unterschiedlich hohen Tagesmüdigkeitswerten zusammen. (Siehe Abb. M-4). Durch die aus organisatorischen Gründen auf wenige MZP beschränkten Messungen erhält man nur einen an die wirklichen Verhältnisse angenäherten Tages- oder Monatsmittelwert der Variablen, der umso mehr der Wirklichkeit nahekommmt, je mehr MZP bearbeitet wurden. Sind diese MZP mit unterschiedlich hohen Wertigkeiten für die Müdigkeit nun nicht gleichstark frequentiert, kann z.B. der mittlere Müdigkeitswert eines Monats bei einer Unterrepräsentation der MZP mit zu erwartenden hohen Wertigkeiten gegenüber dem mittleren Wert eines Monats mit höherer Frequentierung der MZP mit hohen Wertigkeiten zu gering ausfallen.

Um herauszufinden, ob eine Verfälschung der monatlichen mittleren Müdigkeit durch eine unterschiedliche Frequentierung der MZP überhaupt eine Rolle spielte, können die Anzahlen der wahrgenommenen MZP mit hohen Müdigkeitswertigkeiten (MZP 2 und 6) in Relation zu den Anzahlen der MZP mit niedrigeren Müdigkeitswertigkeiten (MZP 3, 4, 5) gesetzt werden. (Siehe Abb. M-5).

Die MZP 2 und 6 liegen im Schnitt mit ihren Müdigkeitswertigkeiten höher als die benachbarten MZP 3 und 5:

Miteinander verglichen werden konnten die Werte der MZP 2 und 3 sowie die der

MZP 5 und 6 nur dann, wenn für beide der benachbarten MZP auch Werte vorlagen. Dadurch liegen die Anzahlen der Vergleiche niedriger als die Anzahlen der wahrgenommenen MZP 2 oder 6. Die Müdigkeit von MZP-2 ist größer als von MZP-3 gilt für 54 von 57 Vergleichen. Das entspricht einem Prozentsatz von 94,7 %. Die Müdigkeit von MZP-6 ist größer als von MZP-5 gilt in 69 von 84 Vergleichen bzw. für einen Prozentsatz von 82,1 %. In 123 von 141 Vergleichen (87,2 %) ist also die Müdigkeit der MZP 2 und 6 größer als die der MZP 3 und 5.

Da die MZP 2 und 6 mit höherer Müdigkeitseinschätzung gegenüber den geringer eingeschätzten MZP 3 bis 5 in den Monaten Mai bis Oktober auffällig selten (nur zwischen 10- und 12-mal bei 20 Möglichkeiten) wahrgenommen wurden, kann man annehmen, daß die Wertigkeiten der monatlich für VPgesamt gemittelten Müdigkeit besonders in den Monaten Mai bis Oktober zu gering ausgefallen sind. (Siehe Abb. M-1 und Abb. M-6: MZP 1-6). In den Monaten Januar bis April wurden die MZP 2 und 6 zwischen 4- und 6-mal nicht bearbeitet, im November und Dezember jeweils 6-mal nicht. D.h. in diesen sechs Monaten dürfte die mittlere Müdigkeit - wenn auch nicht so stark wie in der Zeit von Mai bis Oktober - ebenfalls zu gering ausgefallen sein. (Siehe Tab. M-4 und Abb. M-5).

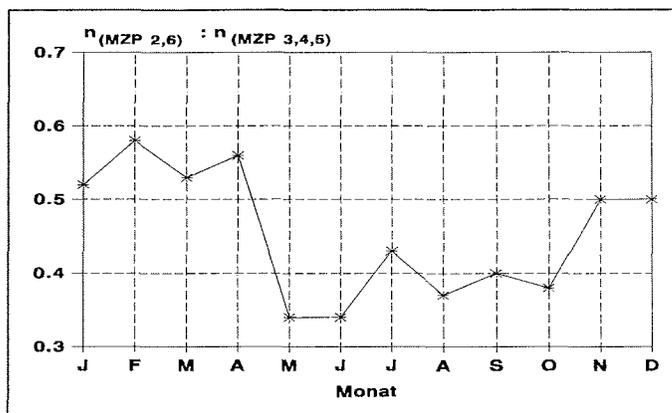
Tab. M-4 Müdigkeit:
Nichtwahrnehmung der MZP 2 und 6 [MZP 2+6 (n)] und Wahrnehmung der MZP 2 und 6 [MZP 2+6 (20-n)], monatlich für VPgesamt
(bei insgesamt 20 Möglichkeiten der Wahrnehmung für die MZP 2 und 6):

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MZP-2 (n₁)		2	3	3	3	7	6	6	5	6	7	6	6
MZP-6 (n₂)		4	3	1	2	3	4	2	5	2	2	0	0
MZP 2+6 (n)		6	6	4	5	10	10	8	10	8	9	6	6
MZP 2+6 (20-n)		14	14	16	15	10	10	12	10	12	11	14	14
MZP 2+6 (20 - n)	16												
	15												
	14												
	13												
	12												
	11												
	10												

Der Jahreslinienzug der monatlich von VPgesamt wahrgenommenen MZP 2 und 6 zeigt vom Herbst bis zum Frühling niedrige MZP-Frequentierungen. Vergleiche Abb. M-5, in der für die Quotienten aus den wahrgenommenen MZP 2, 6 und MZP 3, 4, 5 ein entsprechender Linienzug zu sehen ist. (n_1, n_2 : Anzahlen der Nichtwahrnehmungen der MZP-2 und MZP-6; $n_1 + n_2 = n$: Anzahl der Nichtwahrnehmung der MZP 2, 6).

Im Januar wurden weniger Müdigkeitswerte um 24.00 Uhr (MZP-6) als um 8.00 Uhr (MZP-2) erfaßt, im Februar waren es gleich viele Morgen- und Abendwerte und von März bis Dezember (Ausnahme: Monat August mit gleich vielen Morgen- und Abendwerten) wurden mehr Abendwerte als Morgenwerte registriert. Es findet im Laufe des Jahres eine Verschiebung bei der Wahrnehmung der MZP zugunsten der MZP-6 (24.00 Uhr) und zuungunsten der MZP-2 (08.00 Uhr) statt.

Abb. M-5 Müdigkeit: Die Anzahl der wahrgenommenen MZP 2 und 6 in Relation zur Anzahl der frequentierten MZP 3, 4 und 5, monatlich für VPgesamt



Die Anzahlen der monatlich wahrgenommenen MZP 2,6 (n_1) und MZP 3,4,5 (n_2) und die Quotienten n_1/n_2 der Abbildung M-5:

Monat:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
n_1 :	14	14	16	15	10	10	12	10	12	11	14	14
n_2 :	27	24	30	27	29	29	28	27	30	29	28	28
n_1/n_2 :	0,52	0,58	0,53	0,56	0,34	0,34	0,43	0,37	0,40	0,38	0,50	0,50

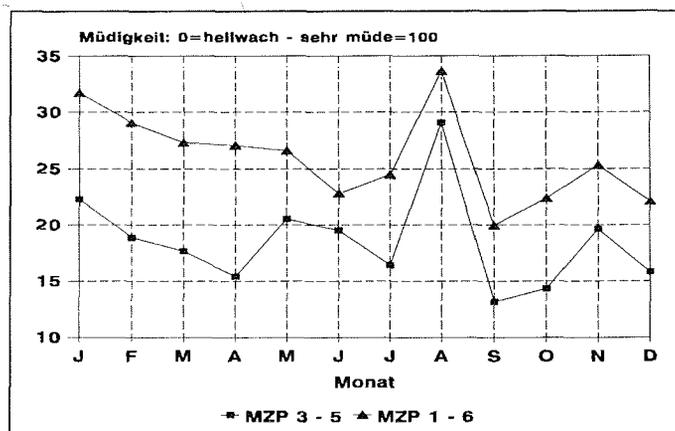
Die Relation der Anzahlen der Müdigkeitswerte über den MZP 2 und 6 zu den Werten über den MZP 3, 4 und 5 monatlich für VPgesamt liegt bei einem Verhältnis von 20 zu 30 (= 0,67), wenn alle MZP hinsichtlich ihrer Müdigkeit beurteilt werden. Abbildung M-5 zeigt die vorliegenden Verhältnisse. In der Tat liegen die Werte der Quotienten der ersten vier Monate höher als in den folgenden 6 Monaten. Die Werte der Quotienten der beiden letzten Monate liegen höher als die der Monate Mai bis Oktober aber etwas tiefer als in den Monaten Januar und Februar. Ein Wert von 0,67 wird in keinem Monat erreicht. (Siehe Abb. M-5).

Diese Ergebnisse entsprechen denen in Tabelle M-4: Die Werte der Quotienten entsprechen im Jahresverlauf dem Linienzug gebildet aus den Anzahlen der wahrgenommenen MZP 2 und 6.

Die monatlichen mittleren Müdigkeitsergebnisse wären demnach bei Wahrnehmung aller MZP über das ganze Jahr in den Monaten Januar bis April sowie November und Dezember höher, in den Monaten Mai bis Oktober noch höher zu erwarten, als in Abbildung M-1 oder M-6 dargestellt.

Benutzt man zur Berechnung der monatlichen mittleren Müdigkeit nur die Müdigkeitswerte der MZP 3, 4 und 5, dann erhält man einen Jahreslinienzug der mittleren Müdigkeit mit gegenüber dem Linienzug in Abbildung M-1 vergleichsweise niedrigeren Wertigkeiten in den Monaten, in denen die MZP 2 und 6 berücksichtigt wurden. In Monaten mit geringerer Frequentierung der MZP 2 und 6 nähern sich der ursprüngliche Linienzug aus Werten über den MZP 1 bis 6 und der Linienzug aus Werten über den MZP 3 bis 5 einander an. (Siehe Abb. M-6). Der Vorteil des Linienzuges über den MZP 3 bis 5 liegt darin, daß er von Schwankungen durch unterschiedliche Frequentierungen der MZP 2 und 6 unbeeinflusst ist.

Abb. M-6 Müdigkeit: Vergleich der Müdigkeitslinienzüge über den MZP 3-5 und den MZP 1-6, monatlich für VPgesamt



In Abbildung M-6 sieht man, daß ab Mai die Linienzüge für die Müdigkeitswertigkeiten über den MZP 1-6 und den MZP 3-5 näher aneinanderrücken. Man darf annehmen, daß in diesen Monaten ein der wirklichen mittleren Müdigkeit näherkommender Linienzug einen bedeutend größeren Abstand zum Linienzug der Müdigkeit über den MZP 3-5 haben muß, wenn schon der Abstand der beiden Linienzüge in den Monaten Januar bis April, was eine realitätsnähere Darstellung betrifft, zu klein ausgefallen ist.

Der Müdigkeitslinienzug mit der monatlich über die MZP 1 bis 6 und für VPgesamt gemittelten Müdigkeit erreicht über das ganze Jahr und insbesondere in den Monaten Mai bis

Dezember demnach nicht die Höhe, die er erreicht hätte, wenn die MZP 2 und 6 höher frequentiert worden wären.

Unter der Annahme, daß die fehlenden Werte der MZP 2 und 6 wertgleich mit den bestimmten Werten dieser MZP wären, ist die anfangs zum Müdigkeitslinienzug in Abbildung M-1 gemachte Aussage, daß eine abnehmende Tendenz der Müdigkeit über das Jahr zu sehen ist, eher kritisch zu betrachten. (Vergleiche Kapitel 5.2.1: *Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren MB-Temp*; vergleiche Kapitel 4.2: *Frequentierung der MZP*, Tabelle 4.3).

5.2.3 "Befindlichkeit" nach der Eigenschaftswörterliste EWL-N

Das aktuelle Befinden bzw. die "Befindlichkeit" wurde anhand der Eigenschaftswörterliste EWL-N (Janke, Debus 1978; siehe Kapitel 5.2.3.1: *Hinweise zur Eigenschaftswörterliste EWL-N* und Anhang 10.2: *Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N*) an den einzelnen MZP der zwei Meßtage eines jeden Monats im Untersuchungszeitraum bestimmt. (Vergleiche Kapitel 4.1: *Anleitung zur Datenerhebung...*).

Wie bei der Müdigkeit und der MB-Temperatur wurde der MZP-1 auch bei der "Befindlichkeit" nur 2-mal (allerdings im August und im Oktober) bearbeitet. Die MZP 2 und 6 sind gegenüber den MZP 3, 4 und 5 relativ weniger oft benannt worden. (Siehe Kapitel 4.2: *Methodische Probleme...: Die Frequentierung der Meßzeitpunkte*).

Im allgemeinen wurden die Registrierungen der MB-Temperatur sowie die Einschätzungen der Müdigkeit und der "Befindlichkeit" zu gleichen Zeiten durchgeführt. Daß dies nicht immer so stattgefunden hat, zeigt ein Vergleich der monatlichen Variablenanzahlen n in den Tabellen M-1, T-1 und LA-1. Wir finden im Januar für die Müdigkeit ein n von 41, für die Temperatur ein n von 40 und für die "Befindlichkeit" ein n von 42.

Bei der quantitativen Beschreibung des momentanen Befindens mit der EWL-N handelt es sich um eine mehrdimensionale Methode. Von den sechs Bereichen ihrer Interpretationsstufen (siehe Tabelle EWL-1) wurden die drei Bereiche "Leistungsbezogene Aktivität", "Allgemeine Desaktivität" und "Extraversion/Introversion" mit Hilfe von Cosinor-Analysen (SAS-Programme) hinsichtlich ihrer eventuell vorliegenden Circadianrhythmik untersucht. Dies ist für den Bereich "Allgemeines Wohlbefinden" nicht für erforderlich gehalten worden, da sehr enge Beziehungen zum Bereich "Extraversion/Introversion" und auch zum Bereich "Leistungsbezogene Aktivität" bestehen. Für die Bereiche "Emotionale Gereiztheit" und "Angst" waren zu wenig Adjektive bejaht worden, sodaß sich eine Cosinor-Analyse ihrer Meßwertzeitreihen nicht lohnte.

5.2.3.1. Hinweise zur Eigenschaftswörterliste EWL-N

Die EWL-N als Methode zur Erfassung der "Befindlichkeit"

Bei der Eigenschaftswörterliste EWL-N (Janke, Debus 1978) handelt es sich um ein *"mehrdimensionales Verfahren zur quantitativen Beschreibung des momentanen (aktuellen) Befindens ("Befindlichkeit")*". Besonders gut ist die EWL zur Erfassung von Befindensveränderungen in Abhängigkeit von Interventionen bei Gruppen geeignet. Die Interventionen können aus der Umwelt kommen (wie z.B. Temperatur und Lärm), sie können therapeutisch (in Form von Psychotherapie oder Pharmakotherapie) oder experimentell (experimentelle Psychologie, Psychopharmaka) hervorgerufen werden.

Bei wiederholter Anwendung der EWL lassen sich individuelle Merkmalsausprägungen beschreiben. ("Durchschnittliche Befindlichkeit", Befindensvariabilität). Mehrfache Erhebungen der EWL dienen auch der Erfassung von Verläufen der "Befindlichkeit" (Trends, Schwankungen). Intraindividuelle Schwankungen der "Befindlichkeit" können biologischen Periodizitäten entsprechen und lassen sich als circadiane oder als längerdauernde Rhythmen nachweisen. Die circadianen Variationen sind ein relativ konstantes Merkmal von Individuen. Bei der Untersuchung biologischer Rhythmik mit der EWL müssen relativ homogene Untersuchungsbedingungen eingehalten werden. Da innere und äußere Zeitgeber nichtexperimentell begründete Variationen der "Befindlichkeit" initiieren, sollen die Tests zu bestimmten Tageszeiten und an gleichen Wochentagen durchgeführt werden.

Die EWL ist eine Methode der gebundenen Selbstbeurteilung: erstens sind in der Liste Aspekte der "Befindlichkeit" festgelegt und zweitens sind lediglich die Ablehnung oder Bejahung vorgegebener Adjektive vorgesehen, wodurch eine erhöhte Standardisierung über Personen und Situationen erzielt werden soll. Der direkte Bezug zur "Befindlichkeit" der Probanden geht dabei nicht verloren: Es bestehen Korrelationen zwischen EWL-Subskalen (siehe unten) und direkten Befindlichkeitseinstufungen auf graphischen oder numerischen Schätzskaalen, die wie die EWL-Subskalen benannt sind. Das spricht dafür, daß die Skalenwerte der EWL subjektive Intensitäten von Befindlichkeitsaspekten wiedergeben.

Die EWL-N umfaßt 161 Items in adjektivischer Form (Siehe Anhang 10.1: *...Erhebungsbogen*) die verschiedenen Aspekten der "Befindlichkeit" zugeordnet sind. In 15 Subskalen werden diese unterschiedlichen Befindlichkeitsaspekte beschrieben. Die Subskalen können in 6 Bereichen und weiter in 2 Klassen zusammengefaßt werden. (Siehe Tabelle EWL-1).

Es liegt in der Natur von Eigenschaftswörtern, häufig mehrdimensionalen Charakter zu besitzen. Sie können gleichzeitig mehrere Befindlichkeitskomponenten beschreiben. Dabei

Tab. EWL-1 Die 3 Interpretationsstufen der "Befindlichkeit":
 Klassen, Bereiche, Subskalen; Itemzahlen der Subskalen
 (nach Janke, Debus, 1978)

Klassen	Bereiche	Subskalen	Items
Positive Befindlichkeit	Leistungsbezogene Aktivität	Aktiviertheit (A)	19
		Konzentriertheit (B)	6
	Extraversion/Introversion	Extravertiertheit (F)	9
		Introvertiertheit (G)	8
Allgemeines Wohlbehagen	Selbstsicherheit (H)	8	
	Gehobene Stimmung (I)	16	
Negative Befindlichkeit	Allgemeine Desaktivität	Desaktiviertheit (C)	16
		Müdigkeit (D)	7
		Benommenheit (E)	9
	Emotionale Gereiztheit	Erregtheit (J)	15
		Empfindlichkeit (K)	4
		Ärger (L)	7
	Angst	Ängstlichkeit (M)	7
Deprimiertheit (N)		20	
	Verträumtheit (O)	10	

Die "Positive Befindlichkeit" wird durch ein optimales Aktivierungsniveau, eine lustbetonte Stimmungslage und soziale Zuwendung gekennzeichnet. Demgegenüber zeichnet sich die "Negative Befindlichkeit" durch eine unlustbetonte Stimmungslage, ein vom Optimalen abweichendes Aktivierungsniveau und soziale Abwendung aus.

unterscheiden sich die verschiedenen Eigenschaftswörter durch unterschiedliche Kombinationen und Ausprägungen ihrer komplexen Mehrdimensionalität. Aus diesem Grund lassen sich mit ihnen keine eindimensionalen, voneinander unabhängigen Befindlichkeitsmerkmale bezeichnen.

In der Beschreibung der Befindlichkeitsaspekte (siehe Anhang 10.2: *Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N*) spiegelt sich diese Eigenart der Eigenschaftswörter wider. Auch hier treffen wir auf vielfältige und in der Ausprägung unterschiedliche Beziehungen zwischen den Befindlichkeitsaspekten (Subskalen). Die Kenntnis der "Kurzcharakteristika" kann bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse als Orientierungshilfe dienen.

Zur Validität der EWL-N

In Untersuchungen zur Validität der EWL verhalten sich die Zusammengehörigkeiten von Subskalen gegenüber Variationen von Stichproben, die sich hinsichtlich Alter, Geschlecht, Schulbildung, Tageszeit u.a. mehr unterscheiden, ausgesprochen invariant, wie aus einer hohen

Konsistenz der Interkorrelationskoeffizienten geschlossen werden kann. Demnach sind die Subskalen in mehrere "Gruppen" zu sortieren (siehe Tabelle EWL-1: Bereiche), deren Validität sich auch aufgrund von Faktorenanalysen nachweisen läßt. (Siehe unten). Die erhaltenen Faktoren (Bereiche) sind folgendermaßen definiert:

Leistungsbezogene Aktivität

Sie wird bestimmt durch die Subskalen Aktiviertheit und Konzentriertheit. Insgesamt zeigt dieser Faktor eine emotional positiv getönte zielorientierte bzw. leistungsorientierte Aktivität mit einer Komponente sozialer Kommunikationsbereitschaft.

Allgemeine Desaktivität

Dieser Faktor wird hauptsächlich durch die Subskalen Desaktiviertheit, Müdigkeit und Benommenheit definiert. Es besteht auch eine Beziehung zur Deprimiertheit.

Die von diesem Faktor bezeichnete Befindlichkeit entspricht einer emotional negativen (dysphorischen) subjektiven Desaktiviertheit. Es bestehen negative Korrelationen zu Subskalen des Bereichs Aktivität. Jedoch sind diese nicht hoch genug, um einen bipolaren Faktor Aktiviertheit/Desaktiviertheit zu stützen.

Extraversion/Introversion

Es handelt sich hier um einen sehr komplexen Faktor mit Korrelationen zur Aktiviertheit und Konzentriertheit, Stimmung und Selbstsicherheit.

Der positive Pol dieses Faktors wird bestimmt durch die Subskala Extravertiertheit (Beziehung zu Aktivität), der negative Pol ist definiert durch die Subskala Introvertiertheit (Korrelation zur Deprimiertheit) und zeigt eine emotional negative Tönung.

Allgemeines Wohlbehagen

Dieser Faktor ist ebenfalls komplexer Art und wird durch die Subskalen Stimmung und Selbstsicherheit mit sehr engen Beziehungen zum Bereich Extraversion/Introversion bestimmt. Auch zur Leistungsbezogenen Aktivität bestehen enge Beziehungen.

Emotionale Gereiztheit

Die Subskalen Erregtheit, Empfindlichkeit und Ärger kennzeichnen diesen Faktor. Es handelt sich dabei um einen Befindensaspekt allgemeiner Gereiztheit mit der Tendenz Ärger und Aggression zu zeigen. Enge Korrelationen bestehen zu den Subskalen des Faktors Angst. Positive Korrelationen zum Bereich Desaktivität und negative Korrelationen zu den Bereichen Extraversion und Allgemeines Wohlbehagen liegen ebenfalls vor.

Angst

In erster und zweiter Linie tragen die Subskalen Ängstlichkeit und Deprimiertheit zur Kennzeichnung des Faktors Angst bei. Die Subskala Deprimiertheit zeigt bei Korrelationsanalysen eine klare Beziehung zur Ängstlichkeit, bei Faktorenanalysen tritt sie in mehreren Faktoren in Erscheinung.

Die Subskala Verträumtheit besitzt eine hohe spezifische Varianz und ist durch eine Faktorenanalyse der EWL-Subskalen allein nicht ausreichend aufzuklären. Der Beitrag dieser Subskala an der Gesamtvarianz des Faktors ist gering.

Neben der Betrachtung der Interkorrelationen der Subskalen der EWL-N werden auch Korrelationen der EWL mit anderen Methoden, die emotionale und motivationale Variable erfassen können, als Validierungshinweise für die EWL aufgezeigt. Allerdings sind bisher nur Teilaspekte untersucht worden wie z.B. durch Thayer (1967) der Zusammenhang zwischen Aktivitätsskalen von Eigenschaftswörterlisten und peripher physiologischen Variablen.

Die Validierungshinweise, die in der EWL gegeben werden, verstehen sich als Hinweise von nur eingeschränkter Bedeutung, da die Methoden, die verglichen werden, als Indikatoren für emotionales und motivationales Geschehen sich nicht gegenseitig validieren können. Sie bezeichnen lediglich eine Binnenväldierung im Sinne von konvergenter und divergenter Validität.

In der EWL wird bei der Klärung der Validität von der Problematik abgesehen, die durch die Beziehung zwischen verbalen Reaktionen und inneren Faktoren auftritt. Die Leistungsfähigkeit der EWL wird entsprechend ihrer pragmatischen Zielsetzung in praktischen Untersuchungssituationen beschrieben.

Dabei erscheinen Korrelationen zwischen der EWL und physiologischen Variablen in besonderem Maße als fragwürdig, da physiologische Prozesse nur einen Bruchteil von verbal mitteilbaren Erlebnisqualitäten anzeigen können.

Korrelationsberechnungen scheinen außerdem für die Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der EWL und anderen Methoden nicht optimal zu sein, da durch sie keine komplexen Verbindungen oder nichtlineare Zusammenhänge, wie sie für Aktivierung und Leistung angenommen werden (siehe Kapitel 3.2: *Aktiviertheit - Leistung*), erfaßt werden können.

Es sei noch angemerkt, daß Korrelationen zwischen der EWL und registrierten physiologischen Variablen absolut betrachtet recht gering ausfallen. Sie bewegen sich aber in Größenordnungen wie Interkorrelationen physiologischer Variabler verschiedener Systeme.

Korrelationen mit Methoden zur Erfassung habitueller Merkmale (Persönlichkeitsmerkmale) fallen bei Gesunden unbedeutend aus. (Vergleiche Kapitel 4.1: *Beschreibung der Stichprobe*).

Darstellung der Ergebnisse der EWL-N

In der vorliegenden Untersuchung wurden die 15 Subskalen der EWL entsprechend ihrer Zuordnung zu den 6 Bereichen (wie in der Tabelle EWL-1) zusammengeführt. (Siehe Tab. EWL-2). Die Anzahl der Items pro Bereich ergibt sich durch Addition der Itemzahlen der entsprechenden Subskalen.

Im Fall des Bereichs Extraversion/Introversion wird eine "emotional positive" mit einer "emotional negativen" Skala verbunden. Damit man eine einheitliche "emotional positive" Richtung der beiden bipolaren Subskalen erhält, muß man den Skalenpunktwert (das ist für eine Subskala der Wert, der sich bei der Summierung aller "trifft zu"-Antworten dieser Subskala ergibt) der "emotional negativen" Subskala Introvertiertheit invertieren: die Differenz zwischen der Itemzahl der Subskala und ihrem "emotional negativen" Skalenpunktwert ergibt einen "emotional positiven" Skalenpunktwert. (Siehe Tab. EWL-2). Wieweit eine angenommene Bipolarität von Eigenschaftswörtern gerechtfertigt ist, scheint allerdings noch unklar zu sein.

Tab. EWL-2 Die 6 Bereiche der EWL-N und ihre Itemzahlen:

Bereiche	Subskalen	Itemzahl
Leistungsbezogene Aktivität	A + B	25 = 19 + 6
Allgemeine Desaktivität	C + D + E	32 = 16 + 7 + 9
Extraversion/Introversion	F + 8 - G	17 = 9 + 8 - 0
Allgemeines Wohlbehagen	H + I	24 = 8 + 16
Emotionale Gereiztheit	J + K + L	26 = 15 + 4 + 7
Angst	M + N + O	37 = 7 + 20 + 10

Der größtmögliche Skalenpunktwert eines nicht bipolaren Bereichs wird mit der Bejahung aller "trifft zu"-Antworten seiner Subskalen erreicht. Für den bipolaren Bereich "Extraversion Introversion" ergibt die Bejahung aller "emotional positiven" "trifft zu"-Antworten und die Ablehnung aller "emotional negativen" "trifft zu"-Antworten den maximalen Skalenpunktwert: $F=9$, $G=0$. Die Summe aus Skalenpunktwert F und dem invertierten Skalenpunktwert $8-G$ beträgt: $F + 8 - G = 17$. Dieser Skalenpunktwert entspricht der Itemzahl des Bereichs "Extraversion/Introversion".

Die Skalenpunktwerte ohne Transformation dienen der Berechnung der Gruppenkennwerte (Median, Mittelwert, Streuungsmaße). Normen sind für diese Werte nicht vorgesehen und erscheinen auch nicht als sinnvoll, denn Mittelwerte und Streuungen variieren in Abhängigkeit von Situationsbedingungen und Tageszeit.

Bei der graphischen Darstellung der Ergebnisse der EWL in Einzelskalendiagrammen können

die Skalenpunktwerte direkt verwendet werden. Eine Verlaufsdarstellung hat eine Zeitachse als Abszisse. Bei Profildarstellungen kann es sinnvoll sein, die Skalen unter inhaltlichem Aspekt zu wählen. Bei "emotional negativen" Skalen bietet sich dabei eine inverse Darstellung an. "Emotional negative" Skalen sind z.B. Desaktiviertheit, Müdigkeit, Benommenheit, Introvertiertheit etc.

Skalen mit unterschiedlichen Itemanzahlen lassen sich miteinander vergleichen, indem man die erzielten Skalenpunktwerte (SPW) dieser Skalen auf die Anzahlen der zu diesen Skalen gehörenden Itemzahlen relativiert. Wenn also K die Zahl der Items einer Skala ist, hat der relativierte Skalenpunktwert die Größe SPW/K .

Interpretation der EWL

Bei der Interpretation der Ergebnisse der EWL kann man einmal ausgewählte Aspekte der Befindlichkeit (wie z.B. Aktiviertheit) betrachten. Zum anderen ist eine mehrdimensionale Sicht möglich. Bei der mehrdimensionalen Betrachtung empfiehlt es sich, zuerst die breiteren Befindlichkeitsbereiche und dann die Subskalen zu diskutieren. Wegen der vorliegenden Befunde zur Validität der EWL ist eine zu differenzierte Betrachtungsweise zu vermeiden.

Bei der Interpretation der EWL läßt sich der Ausprägungsgrad eines Befindlichkeitsaspektes über seinen "Generalitätsgrad" erschließen. Man nimmt an, daß eine Befindensdimension umso ausgeprägter ist, in je mehr Aspekten (d.h. "trifft zu"-Antworten) sie sich äußert.

Damit die Ergebnisse der EWL aussagekräftig sind, muß bei den Probanden die Bereitschaft bestehen, ihre Befindlichkeit zu offenbaren. Die Mitteilung über den Zustand des eigenen Befindens kommt nach Nowlis und Green (1965) mehr einem Geständnis als einer Beschreibung nahe und muß daher mehr unter dem Aspekt der Aufrichtigkeit als der Genauigkeit beurteilt werden. (Vergleiche auch Kapitel 2.1: *Die Vorbereitungszeit* und Kapitel 4.1: *Beschreibung der Stichprobe* [Bedenken der Überwinterer gegenüber der EWL-N]).

Die Bedeutung der sozialen Erwünschtheit in den Antworttendenzen von Probanden ist schwer abzuschätzen. Bei Mittelwertbetrachtungen soll sie wenig Einfluß haben, da für einen Probanden anders als während einer Therapie keine nachteiligen Folgen erwachsen können.

5.2.3.2 "Leistungsbezogene Aktivität" der EWL-N

Der Interpretationsstufenbereich "Leistungsbezogene Aktivität" wird durch die Subskalen "Aktiviertheit" und "Konzentriertheit" bestimmt. Er wird der Klasse der "Positiven Befindlichkeit" zugeordnet und umfaßt 25 Items in adjektivischer Form. (Siehe Kapitel 5.2.3.1:

Tab. EWL-1 und Tab. EWL-2). Die Subskalen werden im folgenden nicht analysiert.

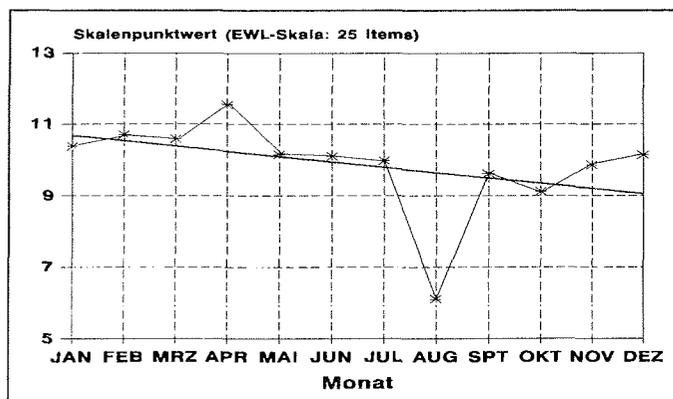
Die "Leistungsbezogene Aktivität" (im weiteren "LA" genannt) ist insofern von besonderem Interesse in dieser Untersuchung, als zwischen einer subjektiv eingeschätzten Aktiviertheit und der Leistung eines Menschen ein engerer Zusammenhang gesehen wird. (Fröberg 1977; siehe Kapitel 3.2: *Aktiviertheit - Leistung*; siehe Kapitel 5.2.3.1: *Zur Validität der EWL-N*). Das Wissen um die Leistungsfähigkeit bzw. um ihre Tagesschwankung und deren jahreszeitliche Variation ist in einer für den Menschen lebensfeindlichen Umwelt wie in der Antarktis von äußerster Wichtigkeit, da mit der Leistungsfähigkeit Sicherheitsaspekte aufs engste verbunden sind. (Poulton u.a. 1965: Reduziertes Beobachtungsvermögen etc. bei Kälte).

Die monatliche mittlere "Leistungsbezogene Aktivität"

Der Wert der monatlich für VPgesamt und über alle MZP gemittelten Skalenpunktwerte (arithmetische Mittel) der "LA" nimmt in seiner Tendenz über das Jahr leicht ab. Die monatlichen mittleren Skalenpunktwerte bewegen sich zwischen 11,55 (im April) und 6,11 (im August). Läßt man den Augustwert, der offensichtlich einen Extremwert darstellt, außer Betracht, dann beträgt die Variationsbreite der monatlichen mittleren Skalenpunktwerte der "LA" über das Jahr 2,43 Skalenpunktwerte (11,55 im April - 9,12 im Oktober). Bezogen auf den maximalen Skalenpunktwert der "LA" von 25 Items ist das mit 9,72 % nicht viel.

Im kalendarischen Polarwinter und -frühling (Juli bis November) liegen die mittleren Skalenpunktwerte der "LA" unter 10, in den übrigen Monaten über 10. Insgesamt finden wir ihre Werte im Bereich unterhalb der Mitte der maximal möglichen Skalenpunktwerte (25 Items). (Siehe Abb. LA-1).

Abb. LA-1 "Leistungsbezogene Aktivität": Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte, monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



Für den Korrelationskoeffizienten r der Regressionsgeraden in Abb. LA-1 errechnet sich ein Wert von $-0,37$. Da nur die 12 Monatsmittelwerte der Skalenpunktwerte der "LA" zur Berechnung genommen wurden, ist die Aussagekraft gering und es läßt sich lediglich eine Tendenz abschätzen. Für den in einen z -Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten läßt sich bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % kein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der Höhe der monatlichen mittleren "LA" und der Lage der Monate im Jahr nachweisen.

$n = 12$	$r = -0,37$	$z_F = -0,39$	$2 \sigma_z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_z$
----------	-------------	---------------	---------------------	--------------------

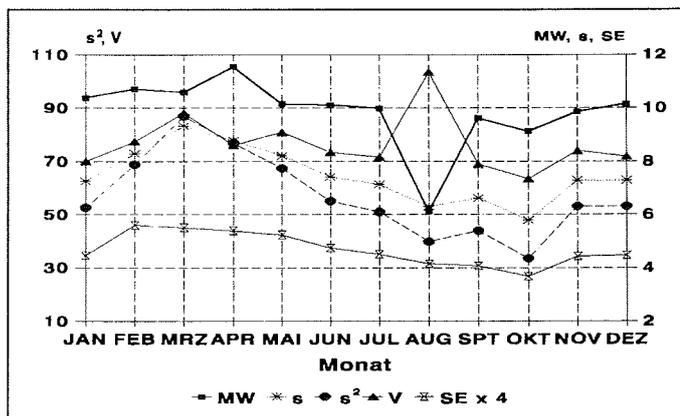
In Tabelle LA-1 sind die Daten der statistischen Beschreibung der monatlichen mittleren "LA" (entsprechend den Tabellen T-2 und M-1) aufgeführt. Die Werte wurden mit Hilfe eines SAS-Programms bestimmt. Sie geben neben den arithmetischen Mitteln Aufschluß über die Streuungen der Skalenpunktwerte der "LA" in den einzelnen Monaten.

Der bei den bisherigen Betrachtungen (Time-Budget-Studien, Müdigkeit) meist auffällige Monat August tritt auch hier besonders hervor. Die drei kleinsten arithmetischen Mittelwerte, Standardabweichungen, Standardfehler und Varianzen finden sich in den Monaten August, September und Oktober. In Januar, September und Oktober sehen wir die niedrigsten Werte der Variabilitätskoeffizienten. Die drei größten arithmetischen Mittel, Standardabweichungen, Standardfehler und Varianzen entfallen auf die Monate Februar, März und April, die drei größten Variabilitätskoeffizienten auf die Monate März, Mai und August. Hier fällt der Augustwert (103,38) besonders auf. D.h. die auf den kleinsten arithmetischen Mittelwert der

Tab. LA-1 Monatliche mittlere "Leistungsbezogene Aktivität" (EWL-Bereich mit 25 Items) für VPgesamt: Statistische Beschreibung (SAS-Programm)

Monat	n	MW	s	Min	Max	SE	Summe	s ²	V
Jan	42	10,38	7,26	0	25	1,12	436	52,73	69,95
Feb	35	10,71	8,30	0	24	1,40	375	68,86	77,45
Mrz	46	10,59	9,33	0	25	1,38	487	87,00	88,10
Apr	42	11,55	8,77	0	25	1,35	485	76,84	75,91
Mai	39	10,15	8,21	0	23	1,31	396	67,40	80,85
Jun	39	10,10	7,42	0	24	1,19	394	55,09	73,47
Jul	40	9,98	7,14	0	22	1,13	399	51,00	71,59
Aug	37	6,11	6,31	0	18	1,04	226	39,88	103,38
Spt	42	9,62	6,63	1	21	1,02	404	43,95	68,92
Okt	40	9,12	5,79	0	19	0,92	365	33,55	63,47
Nov	43	9,86	7,29	0	23	1,11	424	53,08	73,88
Dez	42	10,14	7,29	0	23	1,12	426	53,10	71,84

Abb. LA-2 "Leistungsbezogene Aktivität":
 Statistische Merkmale, monatlich für VPgesamt



Arithmetische Mittel (MW), Standardabweichungen (s), Varianzen (s^2), Variabilitätskoeffizienten (V) und Standardfehler (SE) der Skalenpunktwerte der "LA", monatlich für VPgesamt, Jahresverläufe; die Skalen der statistischen Größen und/oder ihre Werte wurden einander angepaßt: Wir sehen Parallelverläufe der Linienzüge für s, s^2 und SE. Die Jahreslinienzüge von MW und V weichen in den Monaten April und besonders August von einem Parallelverlauf mit den Linienzügen der anderen Größen ab.

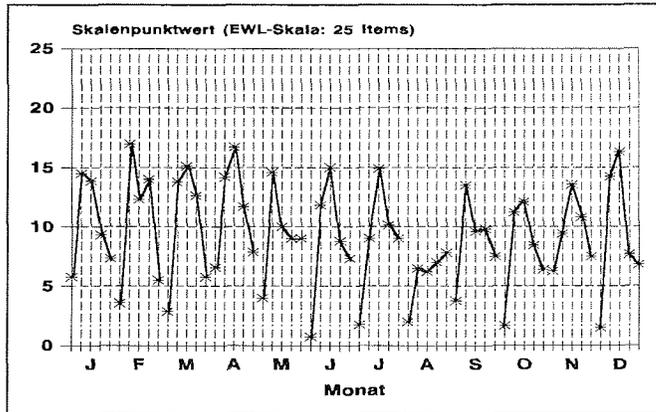
Skalenpunktwerte der "LA" bezogene Standardabweichung im Monat August zeigt die größte relative Streuung an. Die Beziehungen zwischen den in Tabelle LA-1 aufgeführten Daten sind aus Abbildung LA-2 deutlich zu ersehen:

In Abbildung LA-2 sind die Skalen für die fünf statistischen Größen und/oder die Werte ihrer Daten aufeinander abgestimmt. Dadurch wird ein Parallelverlauf der Linienzüge für MW, s, s^2 , SE und V ersichtlich. Der Jahreslinienzug der arithmetischen Mittel (MW) zeigt allerdings im Monat August (kleinster arithmetischer Mittelwert) eine starke negative Zacke sowie im April eine positive Abweichung. Davon abhängig sind in diesen Monaten entsprechend starke Auslenkungen des Jahreslinienzuges der Variabilitätskoeffizienten (V) in entgegengesetzter Richtung.

Die monatlich für die einzelnen Meßzeitpunkte gemittelte "Leistungsbezogene Aktivität"

In Abbildung LA-3 sind die mittleren Skalenpunktwerte der "LA" für die einzelnen MZP und Monate dargestellt. Jeder Linienzug zeigt die MZP 2 bis 6 als monatliches "LA"-Tagesprofil. Die MZP-1 (4.00 Uhr) wurden nicht berücksichtigt, da sie nur 2-mal im gesamten Unter-

Abb. LA-3 "Leistungsbezogene Aktivität":
MZP 2 bis 6, für VPgesamt, monatlich gemittelt (Tagesprofile)



suchungszeitraum benannt wurden. Die monatlichen Tagesprofile haben abgesehen vom Monat August, der außerdem die niedrigsten Werte für die MZP 3, 4 und 5 aufweist, einen umgekehrt u-förmigen Verlauf, der durch eine Rechtsschiefe charakterisiert ist. Die Tagesmaxima liegen bei 12.00 Uhr (in den Monaten Januar, Februar, Mai und September) oder bei 16.00 Uhr (in den Monaten März, April, Juni, Juli, Oktober, November und Dezember). (Vergleiche Kapitel 3.2: *Aktiviertheit - Leistung*).

Die mittleren "LA"-Skalenpunktwerte der MZP-2 (08.00 Uhr) liegen in allen 12 Monaten unterhalb der zugehörigen übrigen Tagesprofilwerte. Die morgendliche "LA" (08.00 Uhr) entspricht also über das ganze Jahr dem niedrigsten Tageswert. In der zweiten Jahreshälfte sind ihre Werte besonders niedrig (Juni, Juli, August, Oktober und Dezember).

Die höchsten Tageswerte (MZP-3 oder MZP-4) werden im Sommer und Herbst erreicht. In den Monaten August, September, Oktober und November liegen die höchsten Werte auf niedrigerem Niveau.

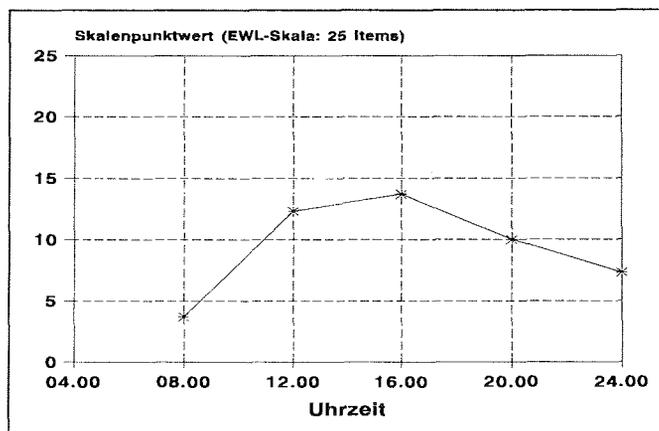
Die Höhe der "LA" der MZP-6 steigt von Februar bis Juli leicht an und hält sich dann etwas niedriger bis zum Dezember in Höhe des Januarwertes. Insgesamt gesehen geht also ein höherer Wert der "LA" eines MZP-2 mit einem niedrigeren Wert des dazugehörenden MZP-6 einher und umgekehrt. Die umgekehrt u-förmigen Tagesprofile öffnen sich dadurch im Herbst und Winter nach rechts bzw. zu den Abendwerten. Der Unterschied zwischen der Höhe der mittleren Skalenpunktwerte über den MZP-2 und MZP-6 ist entsprechend in den Monaten Januar bis April (Sommer und Herbstbeginn) und im November kleiner als in den übrigen Monaten (Herbst, Winter und Frühling mit Ausnahme November).

Der Monat August bietet, was die Entwicklung seines "LA"-Tagesprofils anbelangt, eine Besonderheit: Das Profil ist nicht umgekehrt u-förmig und der Wert des MZP-6 stellt seinen

höchsten Tageswert dar. Man könnte diesen Linienzug als extrem zum Abend hin geöffnetes Tagesprofil interpretieren. D.h. der Tagesspitzenwert ist zum späten Abend hin verschoben. Ferner liegen die Werte der MZP 3 bis 6 sehr eng beieinander und erreichen bei weitem nicht die Höhen der Werte der anderen Tagesprofile. Dieser Befund paßt im übrigen zu den bisher festgestellten Besonderheiten des Monats August. (Vergleiche die Kapitel 5.1.1: *Arbeitszeiten*, 5.1.3.1: *Tagschlaf*, 5.1.3.2: *Schlaflänge*, *Schlafmitte*, *Schlafqualität*, 5.2.2: *Müdigkeit* und 5.2.1: *MB-Temperatur*). Insbesondere die relativ späte Schlafmitte und der relativ kurze Nachtschlaf sowie die hohe Müdigkeit in diesem Monat tragen zum Verständnis der niedrigen "LA" dieses Tagesprofils bei.

Schließlich sei auf das über den gesamten Untersuchungszeitraum gemittelte Tagesprofil der "LA" in Abbildung LA-4 hingewiesen. Dieser Linienzug stellt als Tagesprofil des Jahres eine Art Bezugs- oder Vergleichslinie für die einzelnen monatlichen Tagesprofile dar. Es zeigt sich eine typische umgekehrt u-förmige Tageskurve, die ihren Maximalwert bei 16.00 Uhr hat und nach rechts geöffnet ist: der Abendwert liegt höher als der Morgenwert.

Abb. LA-4 "Leistungsbezogene Aktivität":
gemittelt für die MZP 2 bis 6 über die Monate Januar bis Dezember,
für VPgesamt (Tagesprofil über das Jahr)



Signifikanzprüfungen der Unterschiede der mittleren "LA" verschiedener Monatszeiträume

Zur Signifikanzprüfung von Unterschieden der Höhe der Skalenpunktwerte der "LA" im Verlauf des Untersuchungszeitraumes wurden verschieden lange Monatszeiträume (Januar bis

Tab. LA-2 "Leistungsbezogene Aktivität": Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte und Anzahl (n) der Variablen, Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten Monatszeiträumen (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 10,68$	204
Juni-Oktober	$x_2 = 8,99$	200
November-Dezember	$x_3 = 10,00$	85

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	$p \leq 0,05$
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

Mai, Juni bis Oktober, November mit Dezember; übereinstimmend mit den Einteilungen in der Time-Budget-Studie, bei der MB-Temperatur und der Müdigkeit) ausgewählt.

Zur Berechnung der arithmetischen Mittel der Skalenpunktwerte der "LA" sowie für die Prüfung der Signifikanz ihrer Unterschiede mittels t-Test in den drei Monatszeiträumen wurden die Originaldaten verwendet.

Für den Zeitraum Januar - Mai ist $n_1 = 204$, für Juni - Oktober ist $n_2 = 200$ und für November - Dezember $n_3 = 85$. Die arithmetischen Mittelwerte der Skalenpunktwerte der "LA" betragen für die entsprechenden Monatszeiträume $x_1 = 10,68$, $x_2 = 8,99$ und $x_3 = 10,00$. Die Vergleiche der oben genannten Monatszeiträume hinsichtlich der Skalenpunktwerte ihrer "LA" fallen nur für den Vergleich des Monatszeitraums Januar bis Mai mit Juni bis Oktober signifikant unterschiedlich aus. (t-Test, siehe Tabelle LA-2).

Die "LA" wurde im Monatszeitraum Januar bis Mai signifikant höher eingeschätzt als im Vergleichszeitraum Juni bis Oktober. Der zweite Zeitraum fällt in etwa mit dem Polarwinter zusammen.

Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren "Leistungsbezogenen Aktivität"

In den Kapiteln 5.2.1 und 5.2.2 wurden Ausführungen zum Einfluß der Frequentierungen der MZP auf die Höhe der monatlichen mittleren MB-Temperatur und Müdigkeit gemacht. Da die MB-Temperatur, die Müdigkeit und die "Befindlichkeit" (abgesehen von wenigen Ausnahmen) gemeinsam an den MZP festgestellt wurden, gilt für die Aussagekraft der Höhe der monatlich gemittelten Skalenpunktwerte der "LA" eine entsprechende Einschränkung wie für die zuvor behandelten Variablen:

Da die monatlichen Mittelwerte der Skalenpunktwerte der "LA" zur Zeit der MZP 2 und 6 niedriger ausfielen als an den MZP 3, 4 und 5 (Ausnahme Monat August für MZP-6; siehe Abbildung LA-3) und da die MZP 2 und 6 seltener frequentiert wurden, wären die monatlichen Mittelwerte für die "LA" bei höherer Benennung der MZP 2 und 6 niedriger gewesen. Geht man davon aus, daß diese MZP nicht benannt wurden, da die Probanden durch Schlaf davon abgehalten wurden, und setzt man Schlaf gleich mit einem minimalen Aktivierungsgrad, dann hieße das, daß auch die an den MZP 2 und 6 in den monatlichen Tagesprofilen gemittelte "LA" weit niedriger ausgefallen wäre, wenn man die fehlenden Werte hätte skalieren und miteinander beziehen können.

Für den Einfluß der unterschiedlich hohen Frequentierungen der MZP 2 und 6 im Laufe des Jahres gilt auch hier, was für die MB-Temperatur und für die Müdigkeit gezeigt wurde: Die mittleren Skalenpunktwerte der "LA" dürften im gesamten Untersuchungszeitraum besonders aber in den Monaten Mai bis Oktober niedriger liegen, wenn alle Probanden sämtliche MZP wahrgenommen hätten.

(Siehe Tabelle M-4, Abb. M-5 und Abb. M-6; vergleiche Kapitel 5.2.1: *Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren Mundbodentemperatur*).

Die Aussagen zur Höhe der monatlichen mittleren "LA"-Skalenpunktwerte müssen aus diesen Gründen ebenso kritisch betrachtet werden wie die Aussagen zu den Tagesprofilen. Eine Untersuchung zur Signifikanz von Unterschieden der "LA" in verschiedenen Monatszeiträumen dürfte auch unter der Annahme einer vollständigen Wahrnehmung aller MZP entsprechend wie in Kapitel 5.2.3.2 (*Signifikanzprüfungen der Unterschiede der mittleren "LA" verschiedener Monatszeiträume*) - wenn nicht sogar eindeutiger - ausfallen.

Der Gruppenmittelwert-Cosinor der "Leistungsbezogenen Aktivität"

Wie in Kapitel 5.2.1 für die Mundbodentemperatur gezeigt wurde, kann man mit den Cosinor-Methoden das durch unterschiedliche MZP-Frequentierungen hervorgerufene Problem der "Mittelwertverfälschung" umgehen und dadurch circadiane Rhythmen besonders gut darstellen.

Der Gruppenmittelwert-Cosinor für VPgesamt wurde auf der Grundlage der Einzelmittelwert-Cosinor-Bestimmungen für VP (1-5) berechnet (SAS-Programm) und wie bei der MB-Temperatur für 2-Monatsfenster, die sich um jeweils einen Monat überschneiden, betrachtet, da bei weiter gefaßten Monatsfenstern (4 Monate) charakteristische Veränderungen der "LA" im Bereich einzelner Monate verloren gingen. Aufgrund der kleinen Anzahl der Probanden werden die Verläufe der Jahreskurven der Cosinorschätzgrößen (Mesor, Amplitude, Akrophase) durch die Meßergebnisse der einzelnen Probanden stark beeinflusst.

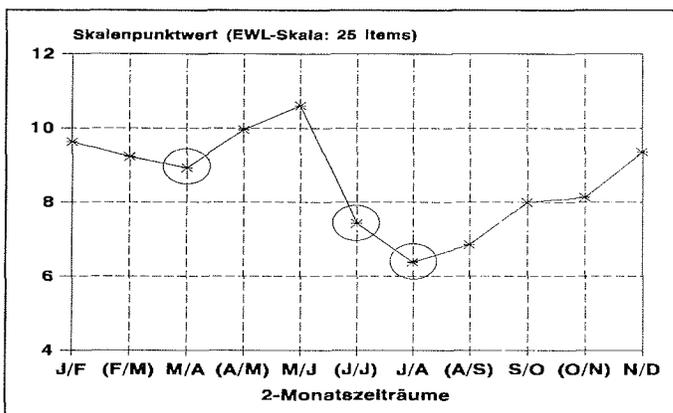
Die Gruppenmesorwerte der "Leistungsbezogenen Aktivität"

Die Gruppenmesorwerte der 2-Monatsfenster stellen die Mittelwerte der Cosinorfunktionswerte dar, die an die für VPgesamt gemessenen Daten dieser 2-Monatszeiträume angepaßt wurden. Sie können einen mittleren Jahresverlauf der Skalenpunktwerte (im weiteren mit SPW bezeichnet) für die "LA" angeben. In der Abbildung LA-5 (Daten in Tabelle LA-3: Mesor) ist dieser mittlere Jahresverlauf der Gruppenmesoren dargestellt.

Das arithmetische Mittel aus den elf Gruppenmesorwerten, die zur Jahresvariationslinie aneinandergereiht sind, hat einen SPW von 8,59. Die Linie bewegt sich dementsprechend mit ihrer Variationsbreite von 4,23 SPWen (größter Wert im MJ: 10,61, kleinster Wert im JA: 6,38) um die Grenze zwischen unterem und mittlerem Drittel der EWL-Skala für die "LA", die eine Itemzahl von 25 besitzt. In den ersten fünf 2-Monatszeiträumen (JF bis MJ: Sommer und Herbst) hält sich der Linienzug bei SPWen zwischen 8,93 und 10,61. Auf den Mittelwert der Gruppenmesoren (SPW 8,59) bezogen verläuft der Jahreslinienzug hier bis zu 2,02 SPWe erhöht. Die zweiten fünf 2-Monatszeiträume ([JJ] bis [ON]: Übergang Herbst-Winter bis Frühling) zeigen SPWe von 6,38 bis 8,13. Im Vergleich zum Mittelwert der Gruppenmesoren erscheint dieser Abschnitt des Jahreslinienzuges bis zu 2,21 SPWe erniedrigt. Im letzten Doppelmonat (ND: Frühling) steigt der Jahreslinienzug mit einem SPW von 9,35 um 0,76 SPWe über seinen Jahresmittelwert und erreicht damit wieder die Höhe der Ausgangswerte. (Siehe Tabelle LA-3: Mesor und Abb. LA-5).

Eine signifikant eindeutige Circadianrhythmik konnte nur für die drei Doppelmonate März-April (Übergang Sommer-Herbst), Juni-Juli (Übergang Herbst-Winter) und Juli-August (Winter) bewiesen werden. Die drei Mesoren dieser 2-Monatszeiträume sind in Abbildung

Abb. LA-5 "Leistungsbezogene Aktivität":
Gruppenmesorwerte in 2-Monatszeiträumen



LA-5 durch Kreise gekennzeichnet. Die "Mesorwerte" der übrigen 2-Monatszeiträume können Zufallswerte sein, da ihre Doppelmonate keine signifikante Circadianrhythmik zeigen. (Siehe Tabelle LA-3: Mesor, Rhythmus-signifikanz). Darüberhinaus handelt es sich bei dem sicheren Mesor des 2-Monatszeitraums Juni-Juli um einen abhängigen Wert, d.h. die in ihm verarbeiteten Skalenpunktwerte der "LA" des Monats Juli sind bereits im 2-Monatsfenster Juli-August enthalten. (Siehe Tab. LA-3, Legende). Monatsfenster abhängiger Werte werden im folgenden wie bei der MB-Temperatur in Klammern geschrieben.

Sinnvoll vergleichbar bleiben deshalb nur die verlässlichen Mesoren der 2-Monatsfenster März-April (Übergang Sommer-Herbst, SPW 8,93) und Juli-August (Winter, SPW 6,38).

Zwischen den Doppelmonaten dieser zwei Mesoren - bzw. zwischen Sommer-Herbst und Winter - liegt eine deutliche Abnahme (2,55 SPWe) der subjektiven Einschätzung der "Leistungsbezogenen Aktivität" vor. Diese Feststellung unterstützt das Ergebnis des Kapitels 5.2.3.2 (*Signifikanzprüfung der Unterschiede der "LA" verschiedener Monatszeiträume*), in dem eine signifikante Abnahme der mittleren Skalenpunktwerte (d.h. der Einschätzung) der "LA" im Vergleich der Monatszeiträume Januar-Mai und Juni-Oktober gefunden wurde.

Tab. LA-3 "Leistungsbezogene Aktivität" (EWL-N-Bereich, 25 Items);
Gruppenmittelwert-Cosinor (für 2-Monatszeiträume): Mesor mit
Standardfehler, Amplitude und Akrophase mit 95%-Konfidenzintervallen,
Rhythmus-signifikanz

Zeitraum	Mesor [SPW] und (SE)	Amplitude [SPW] (95%-Konf.-Int.)	Akrophase [h,min] (95%-Konf.-Int.)	Rhythmus- signifikanz	
JF	9,62 (2,83)	5,27 (1,94-15,94)	14,88(02,88-02,88)	0,1887	
[FM]	9,23 (4,59)	6,92 (2,67-19,88)	15,85(03,85-03,85)	0,1885	
MA	8,93 (6,27)	6,76 (0,77-13,71)	15,85(10,03-18,62)	0,0346	*
[AM]	9,95 (6,42)	3,54 (2,00-11,11)	14,02(02,02-02,02)	0,1477	
MJ	10,61 (3,08)	1,64 (5,64-16,65)	15,58(03,58-03,58)	0,8322	
[JJ]	7,43 (4,29)	6,32 (3,17-12,30)	16,07(12,55-20,48)	0,0064	**
JA	6,38 (4,54)	5,27 (1,57-10,65)	16,77(12,05-20,80)	0,0187	*
[AS]	6,86 (4,30)	3,75 (1,23- 8,98)	16,15(04,15-04,15)	0,1055	
SO	7,99 (3,06)	4,13 (1,69-11,16)	15,48(03,48-03,48)	0,1460	
[ON]	8,13 (3,44)	4,27 (0,08-10,28)	16,23(04,23-04,23)	0,0530	
ND	9,35 (3,41)	3,78 (1,78-10,71)	15,53(03,53-03,53)	0,1331	

[SPW]= Skalenpunktwert; Akrophasen [h,min] in Dezimal-Stunden;
Rhythmus-signifikanz: *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$,
keine Angabe: kein signifikanter Rhythmus

Unabhängige Meßwerte: Meßwerte in 2-Monatsfenstern von Januar bis Dezember, die
sich nicht überschneiden

Abhängige Meßwerte: Meßwerte in 2-Monatsfenstern von Februar bis November
(in Klammern gesetzt), die sich mit den 2-Monatsfenstern der
unabhängigen Meßwerte überschneiden

Die Gruppenamplituden der "Leistungsbezogenen Aktivität"

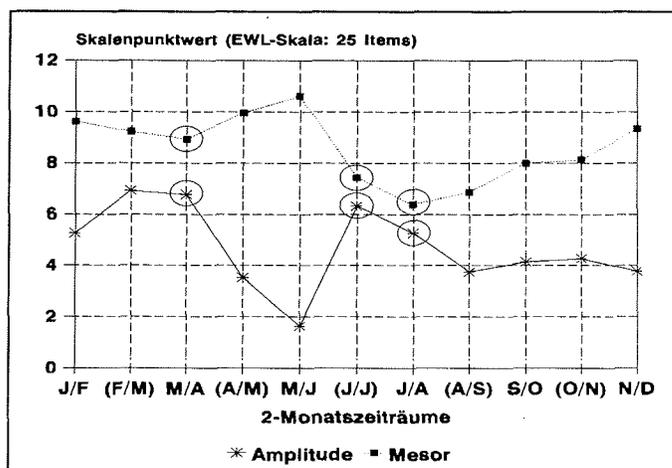
Für die Amplituden der "LA" (in Skaleneinheiten der EWL-Skala), die mit der Gruppenmittelwert-Cosinor-Methode für 2-Monatszeiträume bestimmt wurden, sehen wir einen Jahreslinienzug (siehe Abbildung LA-6; Werte in Tabelle LA-3, Amplitude), der invers zum Jahreslinienzug der "LA"-Gruppenmesorwerte verläuft:

Bezogen auf das arithmetische Mittel der elf Gruppenamplituden mit einem SPW von 4,70 liegen die Gruppenamplituden in den ersten drei 2-Monatszeiträumen Januar-Februar, Februar-März und März-April (Sommer) bis zu 2,22 SPWe (in [FM]) höher. Es folgt ein "Kurventieft" mit kleineren Gruppenamplituden für April-Mai und Mai-Juni (Herbst), die bis zu 3,06 SPWe (in MJ) unter dem Jahresmittelwert liegen. Danach sehen wir in den Doppelmonaten Juni-Juli und Juli-August (Übergang Herbst-Winter und Winter) wieder zwei höhere Gruppenamplituden mit bis zu 1,62 SPWen über dem Jahresmittel. Es folgen vier Gruppenamplituden in den 2-Monatszeiträumen August-September bis November-Dezember (Ende Winter und Frühling) mit bis zu 0,95 SPWen unter ihrem Jahresmittelwert.

Die Variationsbreite der Amplituden errechnet sich als Differenz der Amplituden für die 2-Monatszeiträume Februar-März (SPW 6,92; abhängiger Wert) und Mai-Juni (SPW 1,64) und beträgt 5,28 SPWe. Der höchste unabhängige und verlässliche Wert liegt im März-April (SPW 6,76). Der niedrigste verlässliche Wert findet sich im Juli-August (SPW 5,27).

Signifikante Circadianrhythmen kommen in den drei Doppelmonaten März-April, Juni-Juli und Juli-August vor. (Ihre Werte sind in Abb. LA-6 durch Kreise gekennzeichnet). Nur die Amplituden dieser drei 2-Monatszeiträume sind deshalb als nicht zufällig bzw. als verlässlich zu

Abb. LA-6 "Leistungsbezogene Aktivität": Gruppenamplituden und Gruppenmesorwerte in 2-Monatszeiträumen



bewerten. Die anderen acht Amplituden entstammen keinen signifikanten Circadianrhythmen und repräsentieren daher zufällige Tagesschwankungen.

Der Vergleich der Amplituden der signifikanten Tagesschwankungen zeigt für die Monate Juli-August (Winter) einen gegenüber den Monaten März-April (Übergang Sommer-Herbst) und Juni-Juli (Übergang Herbst-Winter) nur leicht erniedrigten Wert. Der Unterschied zwischen den verlässlichen Amplituden beträgt 1,49 bzw. 1,05 SPWe. Der Circadianrhythmus der Monate Juli-August dürfte deshalb nur leicht weniger stabil sein als die anderen signifikanten Circadianrhythmen. (Siehe Tabelle LA-3, siehe Abbildung LA-6).

Die Gruppenakrophasen der "Leistungsbezogenen Aktivität"

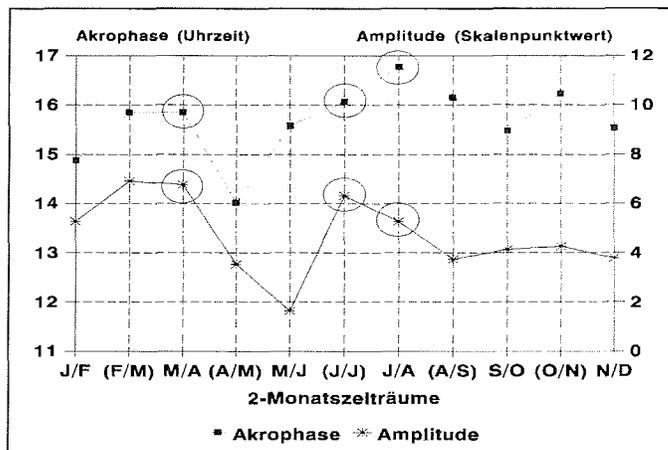
Mit Hilfe der Gruppenakrophasen, die hier für 2-Monatszeiträume betrachtet werden, kann eine möglicherweise vorliegende graduelle Verschiebung des Circadianrhythmus der "LA" im Jahreslauf für die Gruppe der Probanden aufgedeckt werden. Für die Periodendauer der Circadianrhythmik konnte eine Zeit von 24 Stunden angenommen werden.

Für die Gruppenakrophasen finden wir einen Jahreslinienzug (siehe Abbildung LA-7; Tabelle LA-3, Akrophase), der weitgehend parallel zum Jahreslinienzug der Gruppenamplituden und damit invers zum Jahresverlauf der Gruppenmesorwerte verläuft: Zu einem hohen Mesorwert gehören eine kleine Amplitude und eine frühe Akrophase und umgekehrt zu einem niedrigen Mesor eine hohe Amplitude und eine späte Akrophase. Werte signifikanter Circadianrhythmik sind in der Abb. LA-7 durch Kreise gekennzeichnet.

Für das arithmetische Mittel der elf Gruppenakrophasen der 2-Monatszeiträume JF bis ND errechnet sich ein Wert von 15,67 Dezimalstunden. Da die Tagesperiodik von 00.00 bis 24.00 Uhr festgelegt ist, entspricht dieser Wert der Tageszeit von 15.40 Uhr. Wir sehen im Doppelmonat JF ein Akrophasen-"Tief", das 0,79 Dezimalstunden unter dem Jahresmittelwert liegt. In den zwei folgenden 2-Monatszeiträumen haben wir mit jeweils +0,18 Dezimalstunden ein sehr schwaches Akrophasen-"Hoch". Im Doppelmonat [AM] erhalten wir den Minimalwert des Jahresverlaufs mit 1,65 Dezimalstunden unter dem Jahresmittel und in MJ mit -0,09 Stunden fast den Jahresmittelwert der Gruppenakrophasen. Es folgt ein "Hoch" über die drei 2-Monatszeiträume [JJ], JA und [AS] mit 0,4, 1,1 (Maximalwert des Jahreslinienzuges) und 0,48 Dezimalstunden über dem Jahresmittel. Zwei schwache Akrophasen-"Tiefs" der Doppelmonate SO (-0,19) und ND (-0,14) werden durch einen mittleren "Hoch"-Wert in [ON] (+0,56) getrennt.

Die Variationsbreite der Gruppenakrophasen der "LA" hat einen Wert von 2,75 Dezimalstunden (2 Stdn. 45 Min.) und bewegt sich zwischen 14,02 (in [AM]) und 16,77 (in JA) Uhr (dezimal). Vergleicht man verlässliche Akrophasen aus Doppelmonaten mit unabhängigen

Abb. LA-7 "Leistungsbezogene Aktivität":
 Gruppenakrophasen und Gruppenamplituden in 2-Monatszeiträumen



Werten (15,85 Uhr [dezimal] in MA und 16,77 Uhr [dezimal] in JA), dann finden wir eine Variationsbreite von 0,92 Dezimalstunden (bzw. von 55 Minuten). (Siehe Tabelle LA-3).

Signifikante Circadianrhythmen kommen in den drei Doppelmonaten März-April, Juni-Juli und Juli-August vor. Ihre Akrophasen sind deshalb verlässlich, d.h. nicht zufällig. Die Akrophasen der übrigen acht 2-Monatszeiträume sind Zufallswerte, da sie keinen signifikanten Circadianrhythmen entstammen.

Ein Vergleich der verlässlichen Akrophasen zeigt für die Monate Juli-August (Winter: 16,77 Uhr, dezimal) eine gegenüber den Monaten März-April (Übergang Sommer-Herbst: 15,85 Uhr, dezimal) um 0,92 Dezimalstunden (bzw. 55 Minuten) und gegenüber den Monaten Juni-Juli (Übergang Herbst-Winter: 16,07 Uhr, dezimal) um 0,70 Dezimalstunden (bzw. 42 Minuten) verschobene Circadianperiodik. Der Akrophasenunterschied zwischen den Monaten März-April und Juni-Juli beträgt nur 0,22 Dezimalstunden (oder 13 Minuten).

Die Phase der Circadianrhythmik der "LA" hat sich von der Übergangszeit Sommer-Herbst zur Übergangszeit Herbst-Winter nicht wesentlich verspätet. Die deutliche Phasenverspätung zum Doppelmonat Juli-August hängt offensichtlich auch mit der Sonderstellung des Monats August zusammen, der in den vorhergehenden Überlegungen stets aufgefallen war. Die Werte des Monats August wurden möglicherweise durch besondere über die jahreszeitlichen Einflüsse (wie z.B. Dunkelheit und Dauer der Isolation) hinausgehenden Vorkommnisse beeinflusst. (Vergleiche Kapitel 5.1.3.2: *Schlaflänge*). Insofern ist auch hier eine Skepsis gegenüber den Werten des Doppelmonats Juli-August angebracht.

5.2.3.3 "Allgemeine Desaktivität" der EWL-N

Der Interpretationsstufenbereich "Allgemeine Desaktivität" wird durch die Subskalen Desaktiviertheit, Müdigkeit und Benommenheit definiert. Er wird der Klasse der "Negativen Befindlichkeit" zugeordnet und umfaßt 32 Items in adjektivischer Form.

(Siehe Kapitel 5.2.3.1: Tab. EWL-1 und Tab. EWL-2; vergleiche Kapitel 5.2.3.1: *Zur Validität der EWL-N* und Anhang 10.2: *Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N*).

Die Subskalen werden im weiteren nicht analysiert.

Die "Allgemeine Desaktivität" (im folgenden mit "AD" bezeichnet) besitzt negative Korrelationen zur "Leistungsbezogenen Aktivität", die aber nicht hoch genug sind, um einen gemeinsamen bipolaren Faktor "Aktiviertheit-Desaktiviertheit" zu stützen.

Die monatliche mittlere "Allgemeine Desaktivität"

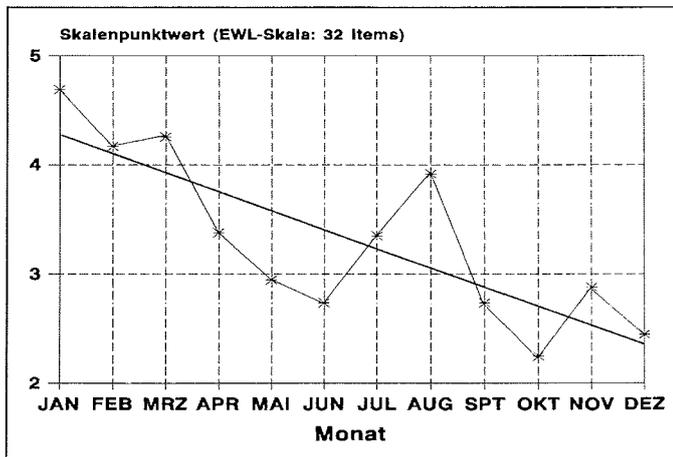
Daß keine Bipolarität zwischen der "LA" und der "AD" besteht, spiegelt sich in der Tatsache wider, daß die "AD" ebenso wie die "LA" tendenziell über das Jahr an Wert verliert und nicht, wie man vielleicht vermuten könnte, an Wert zunimmt. Die monatlich für VPgesamt über alle MZP gemittelten Skalenpunktwerte (SPWe) der "AD" in Abbildung AD-1 belegen dies.

Der größte monatliche Skalenpunktmittelwert (SPW: 4,69) der "AD" findet sich im Januar, der kleinste (SPW: 2,25) liegt im Oktober. Die Variationsbreite der mittleren "AD" ist mit einem SPW von 2,44 klein und nimmt nur 7,63 % der EWL-Skala ein.

Es fällt auf, daß die mittlere "AD" der Überwinterer im ganzen Untersuchungszeitraum niedrig ist: der Januarwert liegt knapp unter der unteren 15%-Marke der EWL-Skala der "AD" (32 Items) bzw. in deren unterstem Sechstel.

Bezogen auf die Regressionsgerade in Abb. AD-1 sind die Werte im kalendarischen Südsommer (Monate Januar bis März) relativ hoch. Das mag mit der Eingewöhnung der Probanden in der Antarktis zusammengehangen haben. Im Herbst (April, Mai, Juni) finden wir sie bei abnehmender Größe unterhalb der Regressionsgeraden. Im Winter (Juli, August, September) fällt der Monat August mit einem hohen Wert der mittleren "AD" auf. Dieser Befund paßt zu den bereits gemachten Feststellungen wie der kurzen Tagesarbeitszeit, dem vermehrt vorkommenden Tagschlaf, der relativ kurzen Schlaflänge, der späten Schlafmitte, der schlechten Schlafqualität, der erhöhten Tagesmüdigkeit und der niedrigen "LA" in diesem Monat. Die für Juli-August erhöhte Körpertemperatur ließ sich durch geringe Kälteeinflüsse erklären. (Siehe Kapitel 5.2.1: *Die 2-monatliche mittlere MB-Temp*). Der Juliwert ist ebenfalls erhöht, jedoch liegt er nur knapp über der Regressionsgeraden, und die mittlere "AD" für

Abb. AD-1 "Allgemeine Desaktivität":
Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte,
monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



September findet sich wieder unterhalb der Regressionsgeraden. Im Frühling (Oktober, November, Dezember) sehen wir den niedrigsten mittleren "AD"-Wert (SPW 2,25 im Oktober) sowie zwei weitere niedrige Werte (November, Dezember), die jedoch oberhalb der Regressionsgeraden angesiedelt sind.

Der Korrelationskoeffizient der Regressionsgeraden in Abb. AD-1 hat einen Wert $r = -0,74$. Es läßt sich mit ihm lediglich eine abnehmende Tendenz der "AD" über das Jahr abschätzen. Seine Aussagekraft darüberhinaus ist gering, da nur die 12 Monatsmittelwerte der SPWe der "AD" zu seiner Berechnung herangezogen wurden. Ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der monatlichen mittleren "AD" und der Lage der Monate im Jahr konnte bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten nicht nachgewiesen werden.

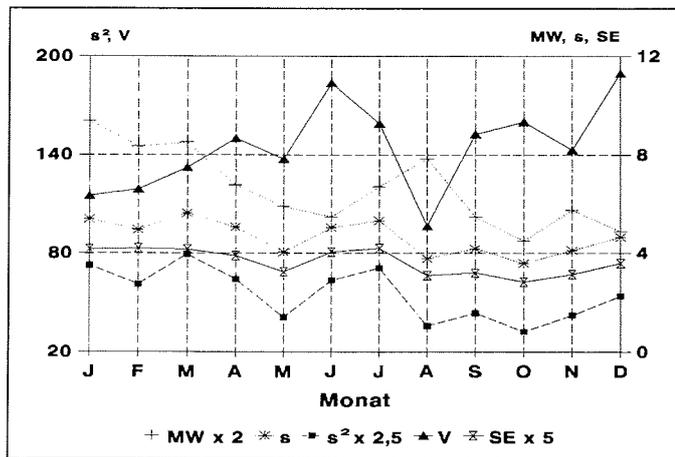
$n = 12$	$r = -0,74$	$z_F = -0,95$	$2 \sigma_z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_z$
----------	-------------	---------------	---------------------	--------------------

In Tabelle AD-1 werden Daten der beschreibenden Statistik (SAS-Programm) zusammengefaßt. Neben den arithmetischen Mitteln der monatlichen Skalenpunktwerte der "AD", die schon in Abb. AD-1 dargestellt sind, werden Größen genannt, die die Streuungen der Daten in den einzelnen Monaten beschreiben. (Siehe auch Abb. AD-2).

Tab. AD-1 Monatliche mittlere "Allgemeine Desaktivität" (EWL-Bereich mit 32 Items) für VPgesamt: Statistische Beschreibung (SAS-Programm)

Monat	n	MW	s	Min	Max	SE	Summe	s ²	V
Jan	42	4,69	5,39	0	18	0,83	197	29,05	114,91
Feb	35	4,17	4,96	0	17	0,84	146	24,56	118,80
Mrz	46	4,26	5,63	0	19	0,83	196	31,75	132,25
Apr	42	3,38	5,07	0	18	0,78	142	25,70	149,96
Mai	39	2,95	4,05	0	14	0,65	115	16,42	137,41
Jun	39	2,74	5,04	0	19	0,81	107	25,41	183,72
Jul	40	3,35	5,33	0	18	0,84	134	28,39	159,04
Aug	37	3,92	3,78	0	12	0,62	145	14,30	96,49
Spt	42	2,74	4,17	0	13	0,64	115	17,42	152,42
Okt	40	2,25	3,60	0	13	0,57	90	12,96	160,01
Nov	43	2,88	4,12	0	14	0,63	124	16,96	142,82
Dez	42	2,45	4,65	0	16	0,72	103	21,62	189,60

Abb. AD-2 "Allgemeine Desaktivität": Statistische Merkmale, monatlich für VPgesamt



Arithmetische Mittel (MW), Standardabweichungen (s), Varianzen (s²), Variabilitätskoeffizienten (V) und Standardfehler (SE) der Skalenpunktwerte der "AD", monatlich für VPgesamt, Jahresverläufe; die Skalen der statistischen Größen und/oder ihre Werte wurden einander angepaßt: Wir sehen Parallelverläufe der Linienzüge für s, s² und SE. Die Linienzüge von MW und V weichen in einigen Monaten (besonders in Monat August) von einem Parallelverlauf mit den Linienzügen der anderen Größen ab.

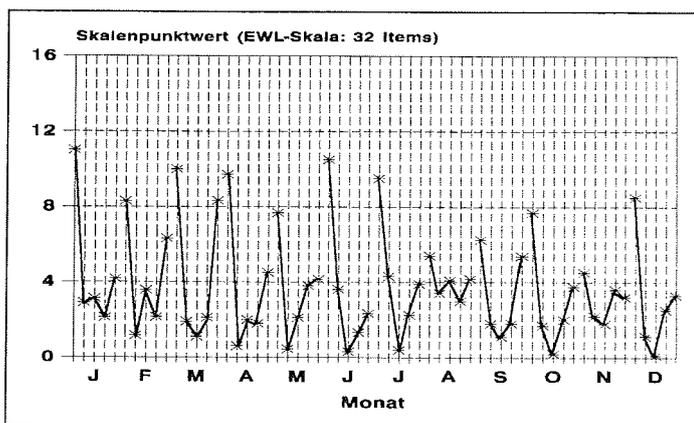
Die monatlichen Mittelwerte der "AD" fallen bis Oktober stetig ab und steigen dann zum Jahresende wieder leicht an. Die Werte für Juli und besonders August fallen im Sinne einer größeren Desaktivität im Vergleich zu den benachbarten Monaten aus dem Rahmen. Der Monat August weist außer dem zweitkleinsten Standardfehler (SE = 0,62) die zweitkleinste Standardabweichung ($s = 3,78$) und damit auch Varianz ($s^2 = 14,30$) vor. Der Variabilitätskoeffizient der "AD" (Standardabweichung in Relation zum absoluten Wert des arithmetischen Mittels: $V = 96,49$) des Monats August ist am kleinsten. (Siehe Tab. AD-1).

In Abbildung AD-2 werden die Datenreihen der statistischen Größen graphisch dargestellt. Ihre Skalen und/oder die Werte ihrer Daten sind zu Vergleichszwecken aufeinander abgestimmt. Ein Parallelverlauf der Größen s , s^2 und SE fallen auf. Der Jahreslinienzug der arithmetischen Mittel weicht im November und besonders im August in positiver Richtung und im April, Juni sowie im Dezember in negativer Richtung von einem Parallelverlauf mit den vorgenannten Größen ab. Dadurch erhält der Jahreslinienzug der Variabilitätskoeffizienten in den entsprechenden Monaten eine entgegengesetzte Auslenkung.

Die monatlich für die einzelnen Meßzeitpunkte gemittelte "Allgemeine Desaktivität"

Die mittleren Skalenpunktwerte der "AD" für die einzelnen Meßzeitpunkte in den 12 Monaten des Untersuchungszeitraums sind in Abb. AD-3 für VPgesamt dargestellt. Jeder Linienzug zeigt die MZP 2 bis 6 (08.00 bis 24.00 Uhr) als monatliches "AD"-Tagesprofil. Die MZP-1 wurden nicht aufgeführt, da sie nur zweimal im gesamten Untersuchungszeitraum benannt wurden.

Abb. AD-3 "Allgemeine Desaktivität":
MZP 2 bis 6, VPgesamt, monatlich gemittelt (monatliche Tagesprofile)

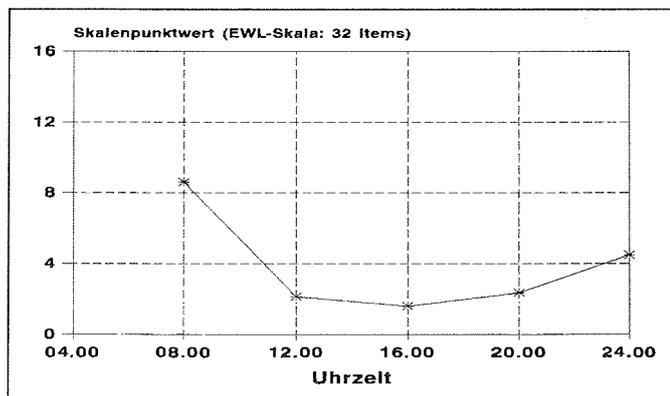


Die Tagesprofile der "AD" zeigen überwiegend einen u-förmigen Verlauf, der durch eine Rechtsschiefe charakterisiert ist. Die Tagesminima liegen im Mittel bei 16.00 Uhr und der 8.00 Uhr-Wert liegt in sämtlichen Monaten höher als der 24.00 Uhr-Wert. Die Tagesprofile der "AD" verlaufen durchschnittlich invers zu den Tagesprofilen der "LA". Dies zeigen besonders deutlich die Darstellungen der über das Jahr gemittelten Tagesprofile. (Vergleiche Abb. AD-4 mit Abb. LA-4).

Der Linienzug in Abb. AD-4 kann, da er das über das ganze Jahr gemittelte Tagesprofil der "AD" darstellt, als Vergleichslinie für die monatlichen Tagesprofile angesehen werden:

Die morgendliche "AD" (MZP-2) liegt in den Monaten Januar, März, April, Juni und Juli höher als im Jahresdurchschnitt. Niedriger erscheint sie in den Monaten August, September und November. Die Abendwerte (MZP-6) der "AD" sind im Februar, März und September relativ hoch und besonders im Juli sowie nicht so sehr ausgeprägt im November und Dezember relativ niedrig.

Abb. AD-4 "Allgemeine Desaktivität":
MZP 2 bis 6 über Januar bis Dezember für VPgesamt gemittelt
(Tagesprofil über das Jahr)



Die Tagesprofile der Monate November und besonders August sind durch kleinere Tagesunterschiede (kleinere Tagesschwankungen) ausgezeichnet. Da ihre Werte der MZP 3, 4 und 5 relativ hoch liegen und da die im Verhältnis zu den anderen Monaten sehr niedrigen MZP-2-Werte durch geringere Frequentierungen als die Werte der MZP 3 bis 6 zustande kommen (vergleiche Kapitel 5.2.1, 5.2.2 und 5.2.3.2: *Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren MB-Temp, Müdigkeit, "LA"*), resultiert eine Erhöhung der monatlichen Tagesmittelwerte der Monate August und November gegenüber den benachbarten Monaten. (Siehe Abb. AD-1).

Zu diesen mit den veränderten Tagesschwankungen einhergehenden Erhöhungen der monatlichen mittleren "AD" passen die im Kapitel 5.2.2 beschriebenen Anstiege der mittleren Müdigkeit für die Monate August und November. Daß die "AD" und die Müdigkeit (bzw. momentane Aktivität) miteinander positiv korreliert sind, geht außerdem aus der Tatsache hervor, daß der Jahreslinienzug der mittleren Müdigkeit wie der der "AD" eine abnehmende Tendenz über das Jahr besitzt. (Vergl. Abb. M-1 mit Abb. AD-1).

Zusammenfassend läßt sich für die monatlichen Tagesprofile feststellen, daß die MZP-2-Werte der "AD" nach dem Monat Juli eher niedriger ausfallen, daß die Monate August und November mit kleineren Tagesschwankungen auffallen und daß der August mit einem Tagesprofil, das eher dem Buchstaben w ähnelt, ganz besonders hervorsticht. Sein von der U-Form unterschiedlicher Tageslinienzug kommt durch einen gegenüber den Werten von MZP 3 und 5 leicht erhöhten Wert des MZP-4 (16.00 Uhr) zustande. Ein Vergleich mit Kapitel 5.1.3.1 (*Tagschlaf*) zeigt, daß zwei von den drei für August angegebenen Tagschlafzeiten dementsprechend kurz vor 16.00 Uhr beendet bzw. kurz nach 16.00 Uhr begonnen wurden.

Signifikanzprüfungen der Unterschiede der mittleren "Allgemeinen Desaktivität" verschiedener Monatszeiträume

Zur Klärung der Frage, ob im Laufe des Untersuchungszeitraums Unterschiede in der Höhe der "AD" auftraten, wurden drei Zeiträume entsprechend den Einteilungen bei den zuvor besprochenen Variablen festgelegt: Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November mit Dezember. Für die Berechnungen der Signifikanzen wurden die Originaldaten herangezogen.

Tab. AD-2 "Allgemeine Desaktivität":
Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte und Anzahl (n) der Variablen, Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten Monatszeiträumen (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 3,90$	204
Juni-Oktober	$x_2 = 3,06$	200
November-Dezember	$x_3 = 2,67$	85

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	$p \leq 0,05$

Die Anzahlen der Variablen betragen für die drei Zeiträume $n_1 = 204$, $n_2 = 200$ und $n_3 = 85$. Die arithmetischen Mittel der SPWe der "AD" dieser drei Zeiträume haben die Werte $x_1 = 3,90$, $x_2 = 3,06$ und $x_3 = 2,67$. Ein signifikanter Unterschied der Höhe der mittleren Skalenergebnisse der "AD" findet sich nur für den Vergleich der Monate Januar bis Mai mit November bis Dezember. (t-Test, siehe Tab. AD-2).

Die "AD" hat also signifikant zwischen Jahresbeginn und Jahresende abgenommen. Daß kein signifikanter Unterschied zwischen erstem und zweitem Zeitraum besteht, hängt sicherlich auch mit der Sonderrolle des Monats August zusammen.

Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren "Allgemeinen Desaktivität"

Die in Kapitel 5.2.3.2 für die "LA" gemachten Anmerkungen gelten prinzipiell auch hier:

Die monatlichen Mittelwerte der SPWe der "AD" zur Zeit der MZP-2 fallen gegenüber den mittleren SPWen der anderen MZP in sämtlichen Monaten des Untersuchungszeitraums am höchsten aus. Die "AD"-Mittelwerte der MZP-6 liegen in neun Monaten an zweiter Stelle hinter den mittleren SPWen der MZP-2. Ausnahmen bilden die Monate Juni, Juli und November, wo die MZP-6-Mittelwerte der "AD" den dritten Platz einnehmen. (Siehe Abb. AD-3). Da die MZP 2 und 6 weniger oft frequentiert wurden als die MZP 3, 4 und 5, ist anzunehmen, daß die monatlichen Mittelwerte der "AD" bei stärkerer Benennung der MZP 2 und 6 höher ausgefallen wären.

Für die Probanden, die die MZP 2 und 6 nicht wahrgenommen haben, ist zu vermuten, daß es am Morgen oder Abend an Motivation zur Durchführung dieser Untersuchung mangelte, es sei denn die Probanden hätten noch oder schon geschlafen. Setzt man Schlaf gleich mit einer extrem hohen "Allgemeinen Desaktivität" und nimmt man für den Fall der mangelnden Motivation eine erhöhte "AD" an, dann würden auch die "AD"-Mittelwerte der MZP 2 und 6 in den Tagesprofilen noch höher ausfallen als sie es so schon sind. Diese interessante Überlegung läßt sich natürlich praktisch nicht umsetzen, da es keine Möglichkeit gibt, die oben genannten Situationen hinsichtlich ihrer "Befindlichkeit" zu skalieren.

Insbesondere in den Monaten Mai bis Oktober dürften die mittleren SPWe der "AD" höher ausgefallen sein, wenn die Probanden die MZP 2 und 6 während des ganzen Untersuchungszeitraums regelmäßiger wahrgenommen hätten. (Vergleiche Tabelle M-4, Abb. M-5 und M-6 sowie Kapitel 5.2.1 und 5.2.3.2: *Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren MB-Temp. bzw. "LA"*).

Die Aussagen zu den monatlich gemittelten SPWen der "AD" und zu den Tagesprofilen müssen entsprechend den hier aufgezeigten Gesichtspunkten kritisch betrachtet werden.

Der Gruppenmittelwert-Cosinor der "Allgemeinen Desaktivität"

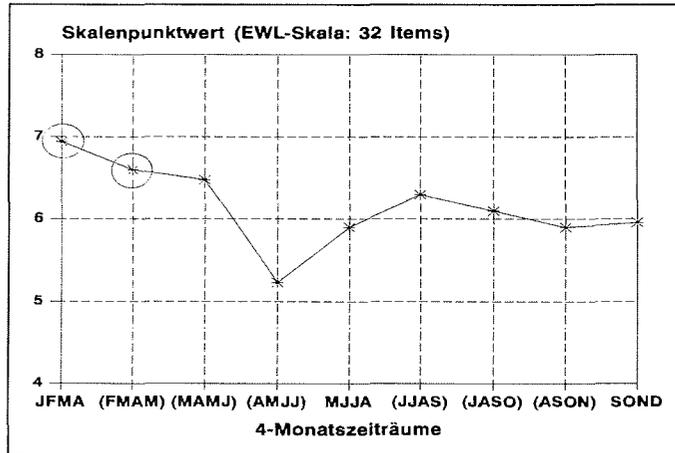
Der Gruppenmittelwert-Cosinor für VPgesamt wurde auf der Grundlage der Einzelmittelwert-Cosinor-Bestimmungen für VP (1-5) mit Hilfe eines SAS-Programms berechnet. Im Gegensatz zur MB-Temperatur und der "Leistungsbezogenen Aktivität", die in 2-Monatsfenstern betrachtet wurden, ist hier die Serial-Section-Methode auf 4-Monatszeiträume angewendet worden. Jeweils zwei aufeinander folgende 4-Monatsfenster überschneiden sich über einen Zeitraum von drei Monaten (JFMA und [FMAM] in den Monaten FMA). Vergleicht man einen 4-Monatszeitraum mit dem übernächsten, so haben sie noch die Meßwerte von zwei Monaten gemeinsam (JFMA und [MAMJ] die Monate März und April), und läßt man zwei 4-Monatsfenster aus, dann gehen noch die Werte eines Monats in die Berechnungen der Cosinor-Schätzgrößen der miteinander verglichenen 4-Monatsfenster ein (für JFMA und [AMJJ] ist das der Monat April). Nur die drei 4-Monatsfenster JFMA, MJJA und SOND überdecken sich nicht und entsprechen damit Zeiträumen mit unabhängigen Meßwerten. Die anderen sechs 4-Monatszeiträume (in Klammern) enthalten (abhängige) Meßwerte, die u. a. in den vorgenannten drei Zeiträumen bereits vorkommen. Durch die Ausdehnung der Monatsfenster auf vier Monate machen sich Veränderungen im Bereich einzelner Monate nicht so stark bemerkbar wie in beispielsweise 2-Monatsfenstern und durch die 3-Monatsüberschneidungen der aufeinander folgenden neun 4-Monatsfenster nimmt der Jahreslinienzug der "AD" (und auch der "Extraversion/Introversion", siehe Kapitel 5.2.3.4) einen ausgeglicheneren Verlauf an.

Die 4-Monatsfenster wurden für die Cosinor-Berechnungen der "AD" und auch für den Bereich "Extraversion/Introversion" kürzeren Zeiträumen vorgezogen, da sich Befindlichkeitsveränderungen im Bereich der Subskalen dieser Interpretationsstufenbereiche langsamer entwickeln als beispielsweise bei der "Leistungsbezogenen Aktivität". Insofern liegt das Interesse hier in der Betrachtung ausgedehnterer Zeiträume. Ein Vorteil der längeren Monatszeiträume liegt in der größeren Anzahl ihrer Meßwerte.

Die Gruppenmesorwerte der "Allgemeinen Desaktivität"

Die Gruppenmesorwerte der neun 4-Monatsfenster repräsentieren als Mittelwerte der an die Meßwerte angepaßten Cosinorfunktionswerte den mittleren Jahresverlauf der Skalenpunktwerte (SPWe) der "AD". Diese mittlere Jahresvariation der Gruppenmesoren ist in Abb. AD-5 dargestellt. Die Daten sind Tabelle AD-3 ("AD", Gruppenmittelwert-Cosinor) zu entnehmen. Die Jahresschwankungslinie liegt mit ihrer Variationsbreite von nur 1,71 SPWen an der Grenze des ersten zum zweiten Fünftel der EWL-Skala der "AD" (32 Items). Der größte Gruppen-

Abb. AD-5 "Allgemeine Desaktivität":
Gruppenmesorwerte in 4-Monatsfenstern



mesor mit einem SPW von 6,94 liegt im 4-Monatszeitraum JFMA, der kleinste mit einem SPW von 5,23 im Zeitraum [AMJJ]. Das arithmetische Mittel aus den neun Gruppenmesorwerten, die zur Jahresschwankungslinie aneinandergereiht sind, hat einen SPW von 6,16. Bezogen auf dieses arithmetische Mittel liegen die Gruppenmesorwerte der ersten drei 4-Monatszeiträume höher (Sommer-Herbst), die des 4. und 5. Zeitraums tiefer (Herbst-Winter), der des 6. etwas höher (Winter) und die des 7., 8. und 9. leicht tiefer (Winter-Frühling). (Siehe Tab. AD-3, Mesor). Vergleicht man nur die drei Zeiträume mit unabhängigen Meßwerten, dann liegt der erste Gruppenmesor (JFMA, SPW 6,94) um 1,04 SPWe höher als der zweite (MJJA, SPW 5,90) und um 0,98 SPWe höher als der dritte (SOND, SPW 5,96).

Eine signifikant eindeutige Circadianrhythmik konnte nur für die ersten beiden 4-Monatszeiträume des Untersuchungszeitraums nachgewiesen werden. Die Mesoren der signifikanten Circadianrhythmen sind in Abb. AD-5 durch Kreise hervorgehoben. Durch die Überlagerung der beiden Zeiträume und die damit verbundene doppelte Verarbeitung der Meßwerte der Monate Februar, März und April ([FMAM] = Zeitraum mit abhängigen Meßwerten) interessiert eigentlich nur die Signifikanz des ersten 4-Monatszeitraums. Die Rhythmus-signifikanz scheint mit höheren Mesorwerten, größeren Amplituden und früher gelegenen Akrophasen zusammenzuhängen. (Siehe Tabelle AD-3 und Abbildung AD-8).

Den Circadianrhythmen der ersten beiden Zeiträume stehen destabilisierte (da nicht signifikante) Tagesschwankungen der übrigen Zeiträume gegenüber. Möglicherweise hängt diese Destabilisierung mit den relativ kleinen Amplituden bzw. den relativ geringen Höhen der Skalenpunktwerte der Gruppenmesoren in diesen Zeiträumen zusammen. (Siehe Tabelle AD-3).

Tab. AD-3 "Allgemeine Desaktivität" (EWL-N-Bereich: 32 Items):
 Gruppen-Mittelwert-Cosinor (für 4-Monatszeiträume): Mesor mit
 Standardfehler, Amplitude und Akrophase mit 95%-Konfidenzintervallen,
 Rhythmussignifikanz

Zeitraum	Mesor [SPW] und (SE)	Amplitude [SPW] (95%-Konf.-Int.)	Akrophase [h,min] (95%-Konf.-Int.)	Rhythmus- signifikanz	
JFMA	6,94 (1,61)	3,77 (1,46-8,59)	05,63 (23,60-07,93)	0,0080	**
(FMAM)	6,60 (2,13)	3,57 (1,91-7,20)	05,08 (00,57-08,62)	0,0051	**
(MAMJ)	6,48 (2,78)	3,75 (0,10-8,32)	05,87 (17,87-17,87)	0,0536	
(AMJJ)	5,23 (4,31)	2,57 (2,66-8,19)	06,50 (18,50-18,50)	0,2774	
MJJA	5,90 (3,16)	2,22 (1,79-8,40)	06,93 (18,93-18,93)	0,2801	
(JJAS)	6,30 (2,76)	2,49 (1,34-8,52)	07,70 (19,70-19,70)	0,1697	
(JASO)	6,10 (2,34)	2,44 (1,23-7,75)	07,33 (19,33-19,33)	0,1513	
(ASON)	5,90 (1,98)	2,15 (1,27-6,46)	06,77 (18,77-18,77)	0,1937	
SOND	5,96 (2,39)	2,33 (2,91-8,08)	07,13 (19,13-19,13)	0,3089	

[SPW]= Skalenpunktwert; Akrophasen [h,min] in Dezimal-Stunden;
 Rhythmussignifikanz: *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$,
 keine Angabe: kein signifikanter Rhythmus

Unabhängige Meßwerte: Meßwerte in 4-Monatsfenstern von Januar bis Dezember, die
 sich nicht überschneiden

Abhängige Meßwerte: Meßwerte in 4-Monatsfenstern von Februar bis November
 (in Klammern gesetzt), die sich mit den 4-Monatsfenstern der
 unabhängigen Meßwerte überschneiden

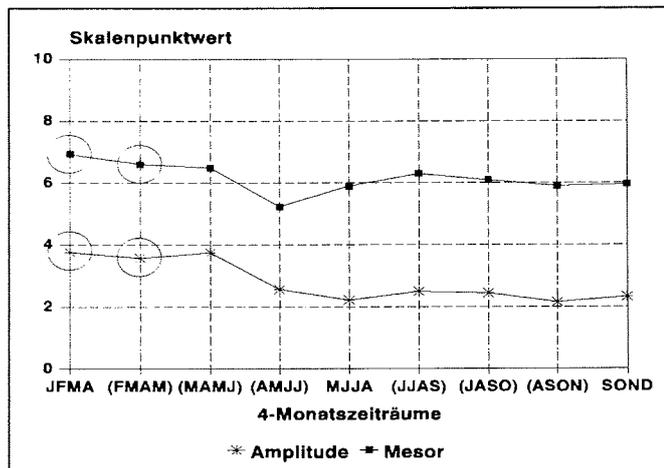
Im Vergleich zum Jahreslinienzug der monatlichen arithmetischen Mittel verläuft der Mesor-
 linienzug deutlich höher. (Vergleiche Abb. AD-1). Das liegt daran, daß die gering frequen-
 tierten mit höheren SPWen belegten MZP 2 und 6 durch die Cosinor-Methode (Angleichung
 der Cosinorfunktionswerte an die gemessenen Werte) stärker berücksichtigt werden als bei der
 Berechnung der arithmetischen Mittel. (Vergleiche Kapitel 5.2.1: Die Gruppenmesorwerte der
 MB-Temperatur).

Die Gruppenamplituden der "Allgemeinen Desaktivität"

Für die Gruppenamplituden der "AD" (in 4-Monatsfenstern) sehen wir einen Jahreslinienzug
 (siehe Abb. AD-6, Daten in Tab. AD-3), der annähernd parallel zum Jahreslinienzug der
 Gruppenmesoren der "AD" verläuft:

Bezogen auf das arithmetische Mittel der neun Gruppenamplituden mit einem Skalenpunktwert
 (SPW) von 2,81 liegen die Gruppenamplituden in den ersten drei 4-Monatszeiträumen (JFMA
 bis [MAMJ], Sommer - Herbst) bis zu 0,96 SPWe (im Zeitraum JFMA) höher. In den

Abb. AD-6 "Allgemeine Desaktivität":
Gruppenamplituden und Gruppenmesorwerte in 4-Monatsfenstern



folgenden sechs 4-Monatszeiträumen (Herbst bis Frühling) liegt der Jahreslinienzug unterhalb des Jahresmittels. Die Abweichungen reichen von -0,24 (in [AMJJ]) bis zu -0,66 SPWen (in [ASON]). (Siehe Tab. AD-3).

Die Variationsbreite der "AD"-Amplituden ist mit 1,62 SPWen nicht sehr groß. Circadianrhythmische Signifikanz erscheint nur in den ersten beiden 4-Monatszeiträumen. Deren Werte sind in Abbildung AD-6 durch Kreise gekennzeichnet. Die übrigen 4-Monatsfenster zeigen destabilisierte, d.h. zufällige Tagesschwankungen.

Die Gruppenakrophasen der "Allgemeinen Desaktivität"

Gruppenakrophasen von 4-Monatszeiträumen, die sich jeweils über drei Monate überdecken, können eine im Jahresverlauf vorliegende Verschiebung ihrer Circadianrhythmen aufdecken. Im Bereich einzelner Monate liegende Veränderungen werden durch die großen Überschneidungszeiten ausgeglichen.

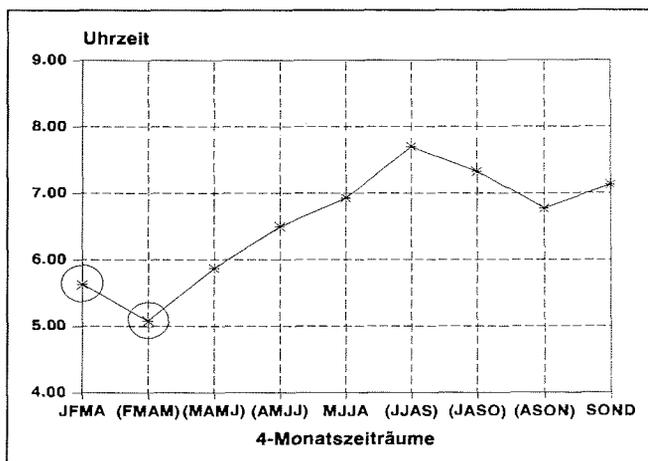
Allerdings sehen bei der "AD" die Voraussetzungen für Vergleiche der Akrophasen im Jahreslauf schlecht aus, da nur die beiden ersten 4-Monatszeiträume einen signifikanten Circadianrhythmus haben. Man kann lediglich aussagen, daß die maximalen Tageswerte der folgenden vier Tagesschwankungen von [MAMJ] bis [JJAS] zunehmend später liegen, daß es dann zu einer Vorverlegung dieser Maximalwerte bis zum Zeitraum [ASON] kommt und für die Monate SOND nochmals eine Verspätung auftritt.

Der mittlere maximale Tageswert der "AD" liegt bei 6,55 Dezimalstunden. Da für die Tagesschwankungen eine Periodendauer von 24 Stunden angenommen werden konnte, entspricht diese Zeit der Tageszeit und liegt damit am Morgen bei 6 Uhr 33 Minuten.

Die ersten vier Gruppenakrophasen liegen früher als die mittlere Zeit für die maximalen Tageswerte (6,55-0,05 bis 6,55-1,47 Uhr, dezimal). Der Minimalwert bzw. früheste Wert erscheint für den Zeitraum [FMAM]. Die letzten fünf Gruppenakrophasen treten später als der mittlere Zeitpunkt für die maximalen Tageswerte auf (6,55+0,22 bis 6,55+1,15 Uhr, dezimal). Den Maximalwert bzw. den spätesten Wert sehen wir für den Zeitraum [JJAS].

Die Akrophasen der signifikanten Circadianrhythmen betreffen die beiden frühesten Werte (5,63 und 5,08 Uhr, dezimal). Diese sind in Abb. AD-7 durch Kreise hervorgehoben. (Siehe Abb. AD-7; Tab. AD-3, Akrophase).

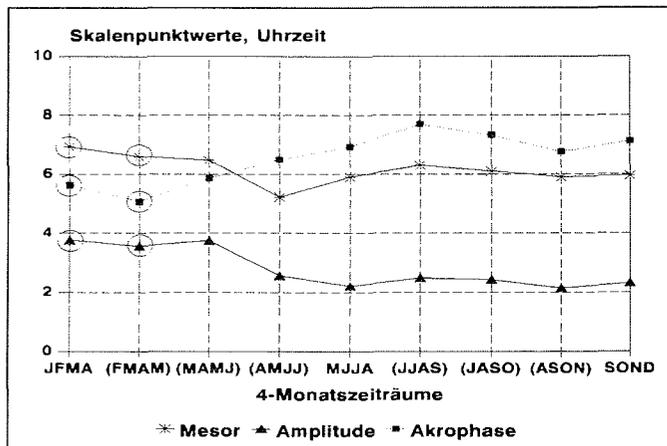
Abb. AD-7 "Allgemeine Desaktivität": Gruppenakrophasen in 4-Monatsfenstern



Die Breite der Variation zwischen der verlässlichen Akrophase des Zeitraums [FMAM] und dem Zufallswert des Zeitraums [JJAS] beträgt 2,62 Stunden (dezimal) bzw. 2 Stunden und 37 Minuten. Im Winter tritt also der maximale Tageswert einer destabilisierten Tagesschwankung 2 Stunden, 37 Minuten später auf als die Akrophase der signifikanten Circadianrhythmik im Zeitraum [FMAM] (Übergang Sommer-Herbst).

In Abb. AD-8 werden die Akrophasen mit den Mesoren und Amplituden der "AD" verglichen. Wir sehen einen Parallelverlauf der Jahreslinienzüge der Gruppenamplituden und der Gruppenmesorwerte. Die Jahresvariationslinie der Gruppenakrophasen weicht von einem Parallelverlauf

Abb. AD-8 "Allgemeine Desaktivität":
 Gruppenmesoren, Gruppenamplituden, Gruppenakrophasen
 (4-Monatsfenster)



mit den Jahreslinienzügen der anderen Cosinorschätzgrößen in den vier ersten Zeiträumen (JFMA bis [AMJJ]) ab. Zu relativ niedrigen Werten der Gruppenmesoren und -amplituden gehören relativ späte Zeiten der Gruppenakrophasen und umgekehrt treffen relativ frühe Gruppenakrophasen mit relativ großen Gruppenmesoren und -amplituden zusammen. Signifikanter Circadianrhythmus entsprechen höhere Amplituden und damit verbunden die größeren Mesorwerte und die frühen Akrophasen.

Die am spätesten eintretende Akrophase der "AD" fällt zwar mit einem relativ niedrigen jedoch bezogen auf die Werte der umliegenden Zeiträume leicht höheren Mesorwert im 4-Monatsfenster [JJAS] zusammen. (Siehe Abb. AD-5 und Abb. AD-8). Ein Vergleich mit den arithmetischen Monatsmitteln der "AD" in Abb. AD-1 (siehe auch Tab. AD-1) macht deutlich, daß dieser erhöhte Wert auf den Einfluß der Daten der Monate Juli und besonders August zurückzuführen sein muß. Da diese Monate auch in den Zeiträumen MJJA und [JASO] enthalten sind, macht sich dort der Einfluß ihrer Daten ebenfalls in einer relativen Erhöhung des Mesorwertes (und auch der Akrophase) bemerkbar. Die Tagesschwankungen dieser Zeiträume wurden möglicherweise zum Teil durch äußere Einflüsse, die nicht mit der Jahreszeit direkt zusammenhängen (wie z.B. die Dunkelheit der Polarnacht oder die Dauer der Isolation) zusätzlich destabilisiert. (Vergleiche Kapitel 5.1.3.2: *Schlaflänge*). Deshalb sind die Ergebnisse der Zeiträume, in denen die Daten der Monate August und auch Juli verarbeitet wurden, mit Zurückhaltung zu betrachten.

5.2.3.4 "Extraversion/Introversion" der EWL-N

Die "Extraversion/Introversion" (im folgenden "E/I" genannt) wird der Klasse der "Positiven Befindlichkeit" zugeordnet und umfaßt 17 Items in adjektivischer Form. Die "E/I" besitzt Korrelationen zur Aktiviertheit, Konzentriertheit, Stimmung und Selbstsicherheit.

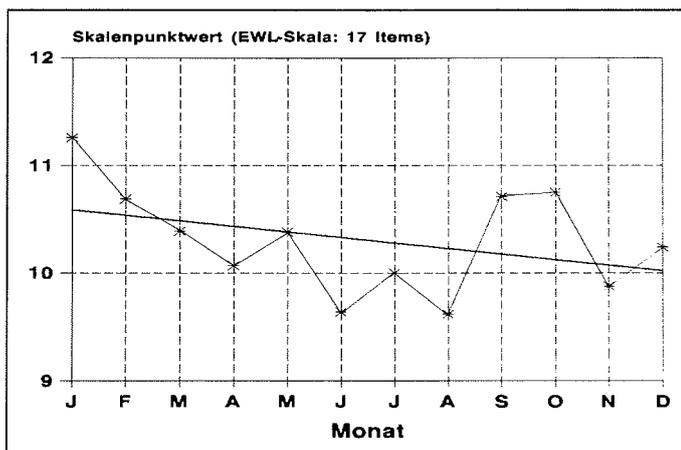
Der positive Pol des Interpretationsstufenbereichs "Extraversion/ Introversion" wird durch die Subskala Extravertiertheit definiert. Sie ist durch eine Korrelation zur Aktivität ausgezeichnet. Der negative Pol wird durch die Subskala Introvertiertheit, die eine Beziehung zur Deprimiertheit besitzt, bestimmt. Die Subskalen werden im weiteren nicht analysiert.

(Siehe Kapitel 5.2.3.1: Tab. EWL-1 und Tab. EWL-2; vergleiche Kapitel 5.2.3.1: *Zur Validität der EWL-N / Darstellung der Ergebnisse der EWL-N*; siehe Anhang 10.2: *Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N*).

Die monatliche mittlere "Extraversion/Introversion"

Die mittleren monatlichen Skalenpunktwerte (SPWe) der "E/I" für VPgesamt liegen im ganzen Untersuchungszeitraum oberhalb der Mitte ihrer EWL-Skala. Im Sommer (Januar und Februar) und zum Winterende-Frühlingsbeginn (September-Oktober) sind die mittleren SPWe im Verhältnis zum Jahresmittelwert (SPW: 10,30) leicht erhöht, im Herbst (April und Juni), im Winter (Juli und August) sowie im Frühling (November, Dezember) sind sie leicht erniedrigt.

Abb. E/I-1 "Extraversion/Introversion":
Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte,
monatlich für VPgesamt, Regressionsgerade



Der Jahreslinienzug der "E/I" zeigt damit einen Verlauf, der durch einen relativ hohen Ausgangswert für Januar (maximaler mittlerer SPW: 11,26) mit nachfolgender Abnahme der Werthöhen bis zum Monat August (minimaler mittlerer SPW: 9,62) und einer auffälligen Erhöhung der mittleren SPWe für die Monate September und Oktober (mittlere SPWe: 10,71 und 10,75) charakterisiert ist. Die Monate mit erhöhter "E/I" waren durch besondere Aktivität und auch Geselligkeit der Überwinterer gekennzeichnet. (Vergleiche Kapitel 2.1: *Die "eigentliche Überwinterung"*). Im Jahresverlauf zeigt sich insgesamt eine Tendenz zur Abnahme der monatlichen "E/I"-SPW-Höhen. Allerdings ist diese Tendenz gering, wie man schon am Anteil der Variationsbreite der monatlichen arithmetischen Mittelwerte der SPWe mit nur 1,64 SPWen entsprechend 9,65 % an der EWL-Skala für die "E/I" mit 17 Items sehen kann. (Siehe Abb. E/I-1 und Tab. E/I-1).

Der Korrelationskoeffizient der Regressionsgeraden in Abb. E/I-1 hat mit einem r von - 0,34 einen entsprechend kleinen Wert. Es läßt sich mit ihm lediglich eine abnehmende Tendenz der mittleren "E/I" über das Jahr abschätzen, da zu seiner Berechnung nur die zwölf Monatsmittelwerte der SPWe der "E/I" benutzt wurden. Ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der monatlichen mittleren "E/I" und der Lage der Monate im Jahr konnte bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % nicht für den in einen z -Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten nachgewiesen werden.

$n = 12$	$r = - 0,34$	$z_F = - 0,35$	$2 \sigma_z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_z$
----------	--------------	----------------	---------------------	--------------------

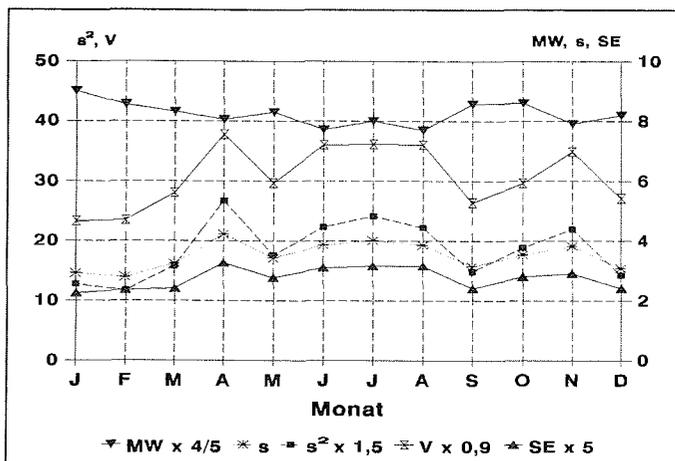
In Tabelle E/I-1 sind Daten der beschreibenden Statistik (SAS-Programm) zusammengefaßt. Neben den arithmetischen Mitteln der monatlichen Skalenpunktwerte der "E/I", die schon in Abb. E/I-1 dargestellt sind, werden Größen genannt, die die Streuungen der Daten in den einzelnen Monaten beschreiben. (Siehe auch Abb. E/I-2).

Die monatlichen Mittelwerte der "E/I" variieren nicht stark, wie schon gezeigt wurde. Der Monat August weist außer dem kleinsten arithmetischen Mittel einen relativ großen Variabilitätskoeffizienten und Standardfehler vor. Die drei kleinsten arithmetischen Mittel fallen in die Monate Juni, August und November, die drei größten in die Monate Januar, September und Oktober. In den Monaten Januar, Februar und Dezember sehen wir die niedrigsten Werte der Standardabweichung und damit auch der Varianz sowie des Standardfehlers (der allerdings im März, September und Dezember identische Werte zeigt). Die drei größten Standardabweichungen, Varianzen und Variabilitätskoeffizienten liegen in den Monaten April, Juni und Juli, die drei größten Standardfehler sind in den Monaten April, Juli und August zu sehen. (Siehe Tab. E/I-1).

Tab. E/I-1 Monatliche mittlere "Extraversion/Introversion" (EWL-Bereich mit 17 Items) für VPgesamt: Statistische Beschreibung (SAS-Programm)

Monat	n	MW	s	Min	Max	SE	Summe	s ²	V
Jan	42	11,26	2,91	4	15	0,45	473	8,49	25,87
Feb	35	10,69	2,78	5	15	0,47	374	7,75	26,05
Mrz	46	10,39	3,24	2	15	0,48	478	10,47	31,13
Apr	42	10,07	4,22	1	16	0,65	423	17,82	41,92
Mai	39	10,38	3,42	3	15	0,55	405	11,72	32,96
Jun	39	9,64	3,86	2	15	0,62	376	14,87	39,99
Jul	40	10,00	4,01	1	15	0,63	400	16,10	40,13
Aug	37	9,62	3,85	2	14	0,63	356	14,80	39,98
Spt	42	10,71	3,14	5	16	0,48	450	9,87	29,32
Okt	40	10,75	3,54	3	16	0,56	430	12,55	32,96
Nov	43	9,88	3,82	1	15	0,58	425	14,63	38,70
Dez	42	10,24	3,08	4	16	0,48	430	9,50	30,11

Abb. E/I-2 "Extraversion/Introversion": Statistische Merkmale, monatlich für VPgesamt



Arithmetische Mittel (MW), Standardabweichungen (s), Varianzen (s²), Variabilitätskoeffizienten (V) und Standardfehler (SE) der Skalenpunktwerte der "E/I", monatlich für VPgesamt, Jahresverläufe; die Skalen der statistischen Größen und/oder ihre Werte wurden einander angepaßt: Wir sehen Parallelverläufe der Linienzüge für s, s², V und SE. Der Linienzug der monatlichen arithmetischen Mittel zeigt eine schmale Variationsbreite.

In Abbildung E/I-2 werden die Datenreihen der statistischen Größen graphisch dargestellt. Ihre Skalen und/oder die Werte ihrer Daten sind zu Vergleichszwecken aufeinander abgestimmt. Da sich der Jahreslinienzug der arithmetischen Mittel in engen Grenzen bewegt, sehen wir für die

"E/I" außer einem Parallelverlauf der Jahreslinienzüge der Größen s , s^2 und SE auch eine zu diesen Linienzügen parallel verlaufende Jahresvariation der Variabilitätskoeffizienten, die lediglich in den Monaten April, Juni bis August und November leicht positiv betont erscheint.

Die monatlich für die einzelnen Meßzeitpunkte gemittelte "Extraversion/Introversion"

Die mittleren Skalenpunktwerte der "E/I" für die einzelnen Meßzeitpunkte in den 12 Monaten des Untersuchungszeitraums sind in Abb. E/I-3 für VPgesamt dargestellt. Jeder Linienzug zeigt die MZP 2 bis 6 (08.00 bis 24.00 Uhr) als monatliches "E/I"-Tagesprofil. Die MZP-1 (04.00 Uhr) wurden nicht aufgeführt, da sie mit nur zwei Angaben im gesamten Untersuchungszeitraum äußerst selten benannt wurden.

Die Tagesprofile der "E/I" haben einen Verlauf, der den Tagesprofilen der "LA" ähnelt bzw. durchschnittlich invers zu den Tagesprofilen der "AD" verläuft. (Siehe Abb. LA-3 und Abb. AD-3). Sie zeigen wie die Tagesprofile der "LA" umgekehrt u-förmige Verläufe, die durch eine Rechtsschiefe charakterisiert werden. Die 08.00 Uhr-Werte entsprechen durchweg den niedrigsten Tageswerten, die Tagesmaxima liegen zwischen 12.00 und 20.00 Uhr und die 24.00 Uhr-Werte liegen an zweit- oder drittniedrigster Stelle. Dadurch erscheinen die Tagesprofile nach rechts geöffnet. Ausnahmen von der umgekehrten U-Form der Tagesprofile sehen wir in den Monaten Juni, Juli und August, in denen der 24.00 Uhr-Wert den höchsten (Juni und August) oder zweithöchsten Tageswert (Juli) einnimmt. Während die höchsten Tageswerte über das ganze Jahr in etwa gleiche Höhen erreichen (Ausnahme November mit niedrigerem Tageshöchstwert), liegen die niedrigsten Tageswerte (08.00 Uhr) unterschiedlich.

Abb. E/I-3 "Extraversion/Introversion":
MZP 2 bis 6, VPgesamt, monatlich gemittelt (monatliche Tagesprofile)

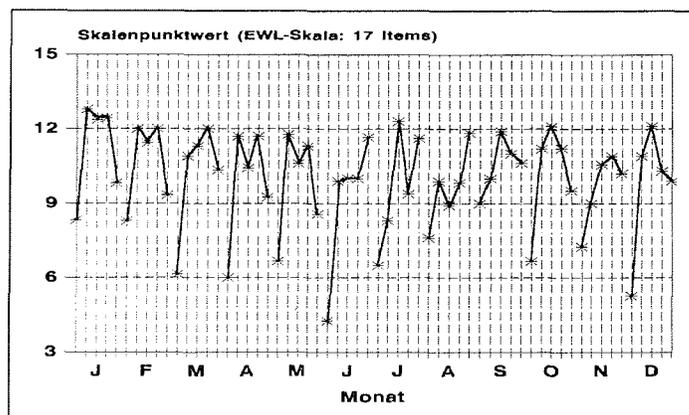
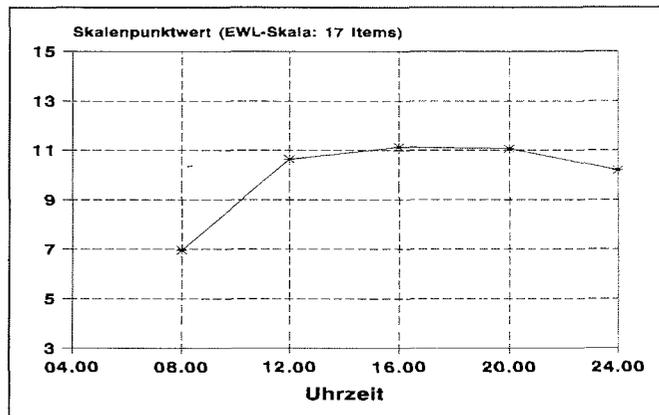


Abb. E/I-4 "Extraversion/Introversion":
MZP 2 bis 6 über Januar bis Dezember für VPgesamt gemittelt
(Tagesprofil über das Jahr)



Auffällig sind die 08.00 Uhr-Werte des Monats Juni (niedrigster mittlerer Monatswert des MZP-2) und des Monats September (höchster mittlerer Monatswert des MZP-2).

Der Linienzug in Abb. E/I-4 kann, da er das über das ganze Jahr gemittelte Tagesprofil der "E/I" darstellt, als Vergleichslinie für die monatlichen Tagesprofile angesehen werden.

Signifikanzprüfungen der Unterschiede der mittleren "Extraversion/Introversion" verschiedener Monatszeiträume

Wie bei den bisher abgehandelten Variablen wurden auch hier zur Klärung der Frage, ob im Laufe des Untersuchungszeitraums Unterschiede in der Höhe der "E/I" auftraten, drei Vergleichszeiträume festgelegt: Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November mit Dezember. Für die Berechnungen der Signifikanzen wurden die Originaldaten herangezogen.

Die Anzahlen der Variablen betragen für die drei Zeiträume $n_1 = 204$, $n_2 = 200$ und $n_3 = 85$. Die arithmetischen Mittel der SPWe der "E/I" dieser drei Zeiträume haben die Werte $x_1 = 10,55$, $x_2 = 10,17$ und $x_3 = 10,06$. Beim Vergleich der drei oben genannten Zeiträume hinsichtlich ihrer mittleren "E/I" fand sich kein signifikanter Unterschied der Höhe der mittleren Skalenpunktwerte. (t-Test, siehe Tab. E/I-2).

Die mittlere monatliche "E/I" hat also über das Jahr keine signifikant unterschiedliche Höhe erreicht.

Tab. E/I-2 "Extraversion/Introversion":
 Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte und Anzahl (n) der Variablen,
 Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten Monatszeit-
 räumen (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 10,55$	204
Juni-Oktober	$x_2 = 10,17$	200
November-Dezember	$x_3 = 10,06$	85

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren "Extraversion/Introversion"

Die in Kapitel 5.2.3.2 für die "LA" gemachten Anmerkungen gelten prinzipiell auch hier:

Die monatlichen Mittelwerte der SPWe der "E/I" zur Zeit der MZP-2 fallen gegenüber den mittleren SPWen der anderen MZP in sämtlichen Monaten des Untersuchungszeitraums am niedrigsten aus. Die "E/I"-Mittelwerte der MZP-6 liegen in sieben Monaten hinter den mittleren SPWen der MZP-2 an zweiter und 2-mal an dritter Stelle. Ausnahmen bilden die Monate Juni und August, wo die Mittelwerte der "E/I" an den MZP-6 den höchsten Tageswert einnehmen, und Monat Juli, wo der zweithöchste Tageswert belegt wird. (Siehe Abb. E/I-3). Da die MZP 2 und 6 weniger oft frequentiert wurden als die MZP 3, 4 und 5, ist anzunehmen, daß die monatlichen Mittelwerte der "E/I" bei stärkerer Benennung der MZP 2 und 6 niedriger ausgefallen wären.

Für die Probanden, die die MZP 2 und 6 nicht wahrgenommen haben, ist zu vermuten, daß es am Morgen oder Abend an Motivation zur Durchführung dieser Untersuchung mangelte, es sei denn die Probanden hätten noch oder schon geschlafen. Setzt man Schlaf gleich mit einer extrem niedrigen "Extraversion/Introversion" und nimmt man für den Fall der mangelnden Motivation eine erniedrigte "E/I" an, dann würden auch die "E/I"-Mittelwerte der MZP 2 und 6 in den Tagesprofilen noch niedriger ausfallen als sie es so schon sind. Dieses entsprechend der Überlegung bei der "LA" und der "AD" gemachte Gedankenspiel läßt sich natürlich praktisch nicht umsetzen, da es keine Möglichkeit gibt, die oben genannten Situationen hinsichtlich ihrer "Befindlichkeit" zu skalieren.

Insbesondere in den Monaten Mai bis Oktober dürften die mittleren SPWe der "E/I" niedriger ausgefallen sein, wenn die Probanden die MZP 2 und 6 während des ganzen Untersuchungszeitraums regelmäßiger wahrgenommen hätten. (Siehe Kapitel 5.2.2: Tab. M-3, Abb. M-5 und Abb. M-6; vergl. die entsprechenden Abschnitte der Kapitel 5.2.1, 5.2.3.2 und 5.2.3.3).

Die Aussagen zu den monatlich gemittelten SPWen der "E/I" und zu den Tagesprofilen müssen entsprechend den hier aufgezeigten Gesichtspunkten kritisch betrachtet werden.

Der Gruppenmittelwert-Cosinor der "Extraversion/Introversion"

Der Gruppenmittelwert-Cosinor für VPgesamt wurde auf der Grundlage der Einzelmittelwert-Cosinor-Bestimmungen für VP (1-5) mit Hilfe eines SAS-Programms berechnet. Bei der "E/I" wurde - wie bei der "AD" - die Serial-Section-Methode auf 4-Monatszeiträume angewandt. Da sich die neun 4-Monatsfenster des Untersuchungszeitraums mehr oder weniger weit und aufeinander folgende Zeiträume um je drei Monate überdecken, machen sich Veränderungen im Bereich einzelner Monate nicht so stark bemerkbar wie beispielsweise bei der Betrachtung von 2-Monatsfenstern und der Jahreslinienzug der "E/I" nimmt (wie bei der "AD") einen ausgeglicheneren Verlauf an. (Vergl. Kap. 5.2.3.3: *Gruppenmittelwert-Cosinor der "AD"*).

Nur die drei 4-Monatsfenster JFMA, MJJA und SOND überdecken sich nicht und entsprechen damit Zeiträumen mit unabhängigen bzw. nicht mehrfach verarbeiteten Meßwerten. Die anderen sechs 4-Monatszeiträume (in Klammern) enthalten (abhängige) Meßwerte, die u. a. in den vorgenannten drei Zeiträumen bereits vorkommen. Die 4-Monatsfenster wurden für die Cosinor-Berechnungen der "E/I" wie schon bei der "AD" kürzeren Zeiträumen vorgezogen, da sich Befindlichkeitsveränderungen im Bereich der Subskalen dieser Interpretationsstufen langsamer entwickeln als beispielsweise bei der "Leistungsbezogenen Aktivität". Insofern liegt das Interesse auch hier in der Betrachtung ausgedehnterer Zeiträume. Ein Vorteil der längeren Monatszeiträume liegt in der größeren Anzahl ihrer Meßwerte.

Die Gruppenmesorwerte der "Extraversion/Introversion"

Die Gruppenmesorwerte der neun 4-Monatsfenster stellen als Mittelwerte der an die Meßwerte angepaßten Cosinorfunktionswerte einen mittleren Jahresverlauf der Skalenpunktwerte (SPWe) der "E/I" dar. Diese mittlere Jahresvariation der Gruppenmesoren ist in Abbildung E/I-5 dargestellt. Die dazugehörigen Daten sind Tabelle E/I-3 ("E/I", Gruppenmittelwert-Cosinor, Mesor) zu entnehmen.

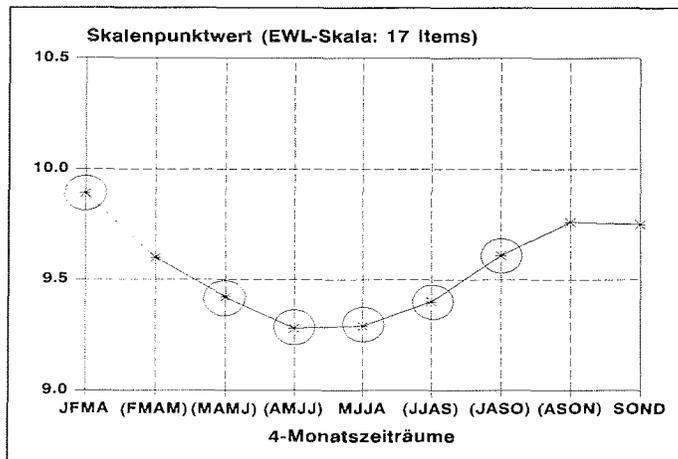
Die Jahresschwankungslinie liegt mit ihrer Variationsbreite von nur 0,61 SPWen leicht oberhalb der Mitte der EWL-Skala der "E/I" (17 Items). Der größte Gruppenmesor mit einem SPW von 9,89 liegt im 4-Monatszeitraum JFMA, der kleinste mit einem SPW von 9,28 im Zeitraum [AMJJ]. Das arithmetische Mittel aus den neun Gruppenmesorwerten, die zur Jahresschwan-

Tab. E/I-3 "Extraversion/Introversion" (EWL-N-Bereich: 32 Items):
 Gruppen-Mittelwert-Cosinor (für 4-Monatszeiträume): Mesor mit
 Standardfehler, Amplitude und Akrophase mit 95%-Konfidenzintervallen,
 Rhythmussignifikanz

Zeitraum	Mesor [SPW] und (SE)	Amplitude [SPW] (95%-Konf.-Int.)	Akrophase [h,min] (95%-Konf.-Int.)	Rhythmus- signifikanz
JFMA	9,89 (1,33)	2,56 (0,84-4,53)	17,03 (13,25-18,88)	0,0136 *
(FMAM)	9,60 (1,37)	2,49 (0,22-5,20)	17,12 (05,12-05,12)	0,0623
(MAMJ)	9,42 (1,48)	2,31 (0,09-4,54)	17,58 (13,70-22,33)	0,0449 *
(AMJJ)	9,28 (1,57)	2,18 (0,14-4,44)	17,77 (11,98-21,80)	0,0418 *
MJJA	9,29 (1,55)	1,70 (0,26-4,25)	18,35 (11,53-21,30)	0,0290 *
(JJAS)	9,40 (1,81)	1,73 (0,72-3,10)	18,88 (15,07-22,97)	0,0107 *
(JASO)	9,61 (1,90)	1,85 (0,62-3,95)	18,27 (14,18-23,07)	0,0160 *
(ASON)	9,76 (1,66)	1,48 (1,48-4,53)	18,30 (06,30-06,30)	0,2444
SOND	9,75 (1,49)	1,89 (1,88-5,80)	17,57 (05,57-05,57)	0,2426

[SPW]= Skalenpunktwert; Akrophasen [h,min] in Dezimal-Stunden;
 Rhythmussignifikanzen: *: $p \leq 0,05$, **: $p \leq 0,01$, ***: $p \leq 0,001$,
 keine Angabe: kein signifikanter Rhythmus
 Unabhängige Meßwerte: Meßwerte in 4-Monatsfenstern von Januar bis Dezember,
 die sich nicht überschneiden
 Abhängige Meßwerte: Meßwerte in 4-Monatsfenstern von Februar bis November
 (in Klammern gesetzt), die sich mit den 4-Monatsfenstern der
 unabhängigen Meßwerte überschneiden

Abb. E/I-5 "Extraversion/Introversion":
 Gruppenmesorwerte in 4-Monatsfenstern



kungslinie aneinandergereiht sind, hat einen SPW von 9,56. Bezogen auf dieses arithmetische Mittel liegen die Gruppenmesorwerte der ersten zwei 4-Monatszeiträume höher (Sommer,

Übergang Sommer-Herbst), die des 3. bis 6. Zeitraums tiefer (Herbst-Winter) und die des 7. bis 9. wieder höher (Winter-Frühling). (Siehe Tab. E/I-3, Mesor).

Vergleicht man nur die drei Zeiträume mit unabhängigen Meßwerten, dann liegt der erste Gruppenmesor (JFMA, SPW 9,89) um 0,60 SPWe höher als der zweite (MJJA, SPW 9,29) und um 0,14 SPWe höher als der dritte Gruppenmesor (SOND, SPW 9,75).

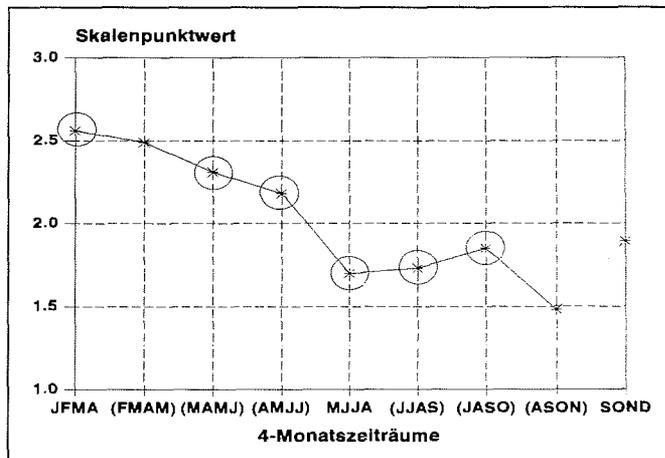
Eine signifikant eindeutige Circadianrhythmik konnte für den 1. und den 3. bis 7. 4-Monatszeitraum des Untersuchungszeitraums nachgewiesen werden. Die Mesoren der signifikanten Circadianrhythmen sind in Abb. E/I-5 durch Kreise hervorgehoben. Den sechs signifikanten Circadianrhythmen stehen destabilisierte (da nicht signifikante) Tagesschwankungen des 2. sowie 8. und 9. 4-Monatszeitraums gegenüber. (Siehe Tabelle E/I-3).

Im Vergleich zum Jahreslinienzug der monatlichen arithmetischen Mittel der "E/I" verläuft der Mesorlinienzug deutlich niedriger. (Vergleiche Abb. E/I-1). Das liegt daran, daß die gering frequentierten aber mit höheren SPWen belegten MZP 2 und 6 durch die Cosinor-Methode (Angleichung der Cosinorfunktionswerte an die gemessenen Werte) stärker berücksichtigt werden als bei der Berechnung der arithmetischen Mittel. (Vergleiche Kapitel 5.2.1: *Die Gruppenmesorwerte der MB-Temperatur*).

Die Gruppenamplituden der "Extraversion/Introversion"

Für die Gruppenamplituden der "E/I" (in 4-Monatsfenstern) sehen wir einen Jahreslinienzug (siehe Abb. E/I-6, Daten in Tab. E/I-3), der in den ersten fünf 4-Monatszeiträumen von 2,56

Abb. E/I-6 "Extraversion/Introversion":
Gruppenamplituden in 4-Monatsfenstern



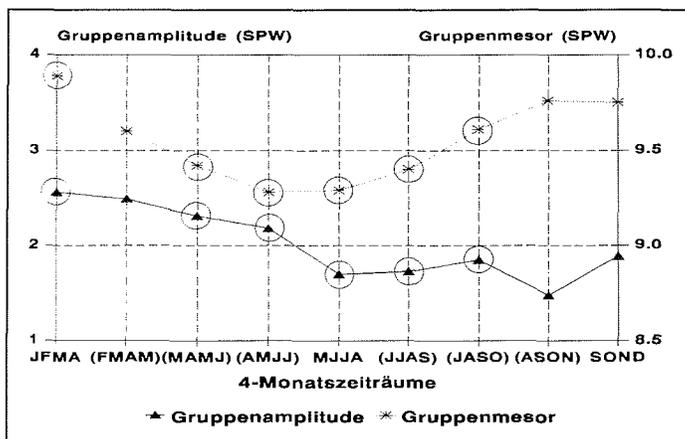
SPWen in JFMA bis zu 1,70 SPWen in MJJA abfällt, um dann wieder (unterbrochen durch den SPW 1,48 in [ASON]) bis zum Jahresende auf einen SPW von 1,89 im Zeitraum SOND anzusteigen.

Bezogen auf das arithmetische Mittel der neun Gruppenamplituden mit einem Skaleneinheitwert (SPW) von 2,02 liegen die Gruppenamplituden in den ersten vier 4-Monatszeiträumen (JFMA bis [AMJJ], Sommer - Herbst) bis zu 0,54 SPWe (im Zeitraum JFMA) höher. In den folgenden fünf 4-Monatszeiträumen (Übergangszeit Herbst-Winter bis Frühling) liegt der Jahreslinienzug unterhalb des Jahresmittels der Gruppenamplituden. Die Abweichungen reichen von -0,13 (im Zeitraum SOND) bis zu -0,54 SPWen (im Zeitraum [ASON]).

Die Variationsbreite der "E/I"-Amplituden ist mit 1,08 SPWen nicht groß. Circadianrhythmische Signifikanz erscheint im ersten sowie im dritten bis siebten 4-Monatszeitraum. Die übrigen drei 4-Monatsfenster zeigen zufällige (destabilisierte) Tagesschwankungen.

Bei der "E/I" ist eine Parallelität der Jahresvariationslinie der Gruppenamplituden zum Jahresverlauf ihrer Mesorwerte wie für die Jahreslinienzüge der Mesoren und Amplituden der "AD" gezeigt nicht zu sehen. Auch ein vielleicht wegen der engen Beziehung der "E/I" zur "LA" eher erwarteter inverser Verlauf der Jahresvariationen der Mesoren und Amplituden wie bei der "LA" ist nicht zu erkennen. Bis zum 4. Monatszeitraum nähern sich die Linienzüge der beiden Cosinorschätzgrößen, um danach auseinander zu driften. (Siehe Abbildung E/I-7; vergleiche Abb. AD-6 und Abb. LA-6). Verglichen mit den Höhen der Amplituden der "LA" oder "AD" sind die Amplituden der "E/I" eher niedrig.

Abb. E/I-7 "Extraversion/Introversion": Gruppenamplituden und Gruppenmesorwerte in 4-Monatsfenstern



Die Gruppenakrophasen der "Extraversion/Introversion"

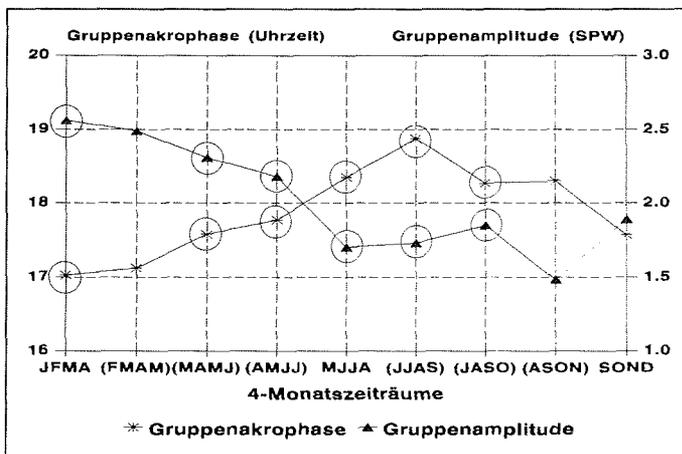
Eine im Jahresverlauf eventuell vorliegende Phasenverschiebung der Circadianrhythmik der Variablen "E/I" kann durch ihre Gruppenakrophasen der 4-Monatsfenster aufgedeckt werden. Durch die großen Überschneidungszeiten der aufeinander folgenden Zeiträume werden im Bereich einzelner Monate liegende Veränderungen ausgeglichen.

Signifikante Circadianrhythmik der "E/I" liegt im 1. und 3. bis 7. 4-Monatszeitraum vor. Nur in den Zeiträumen [FMAM] (Übergang Sommer-Herbst) und [ASON]-SOND (Übergang Winter-Frühling und Frühling) sehen wir eine destabilisierte Tagesschwankung. Die Zeiten der Akrophasen entwickeln sich von 17,03 Uhr (dezimal) im Zeitraum JFMA gleichmäßig bis 18,88 Uhr (dezimal) im Zeitraum [JJAS]. Danach fallen sie bis auf die Zeit von 17,57 Uhr (dezimal) im Zeitraum SOND ab. Damit erhalten wir eine Variationsbreite der verlässlichen Akrophasen der "E/I" von 1,85 Stunden (dezimal).

Bezogen auf den Mittelwert der 4-Monatsakrophasen, der bei 17,87 Uhr (dezimal) liegt, sind die Akrophasen der ersten vier Zeiträume und des neunten Zeitraums (Sommer, Herbst, Frühling) früher angesiedelt, die Akrophasen des fünften bis achten Zeitraums (Übergang Herbst-Winter bis Übergang Winter-Frühling) erscheinen später. Im Winter ist also die Phase der Circadianrhythmik gegenüber Sommer und Herbst bzw. dem Frühling (mit destabilisierter Tagesschwankung) deutlich auf eine spätere Tageszeit verschoben. (Siehe Tabelle E/I-3, siehe Abbildung E/I-8).

In Abb. E/I-8 werden die Akrophasen mit den Amplituden der "E/I" verglichen. Wir sehen einen inversen Verlauf ihrer Jahreslinienzüge.

Abb. E/I-8 "Extraversion/Introversion": Gruppenakrophasen und Gruppenamplituden in 4-Monatsfenstern



Wie bei anderen Variablen der EWL-N sehen wir bei den Gruppenakrophasen der "E/I" einen Spitzenwert im entsprechenden Zeitraum [JJAS]. Ein Vergleich mit Abb. E/I-1 macht deutlich, daß diese Spitze auf den Einfluß der Daten der Monate Juni, Juli und August zurückzuführen sein muß. Da diese Monate auch in den Zeiträumen MJJA und zum Teil in [JASO] enthalten sind, macht sich dort der Einfluß ihrer Daten ebenfalls in einer Phasenverspätung bemerkbar. Die Tagesschwankungen der verschiedenen Variablen wurden möglicherweise im Monat August (und auch Juni, Juli) durch äußere Einflüsse, die über die jahreszeitlich bedingten Einflüsse hinausgingen, zusätzlich destabilisiert. Deshalb sind die Ergebnisse für die Zeiträume, die diese Monate enthalten, mit Zurückhaltung zu betrachten. (Siehe Kapitel 5.2.3.2: *Die Gruppenakrophasen der "LA"* und Kapitel 5.2.3.3: *Die Gruppenakrophasen der "AD"*).

5.2.3.5 "Allgemeines Wohlbehagen" der EWL-N

Der Interpretationsstufenbereich "Allgemeines Wohlbehagen" der EWL-N (im folgenden "AW" genannt) wird der Klasse der "Positiven Befindlichkeit" zugeordnet und umfaßt 24 Items in adjektivischer Form. Das "AW" wird durch die Subskalen Stimmung und Selbstsicherheit definiert. Diese Subskalen werden nicht weiter analysiert.

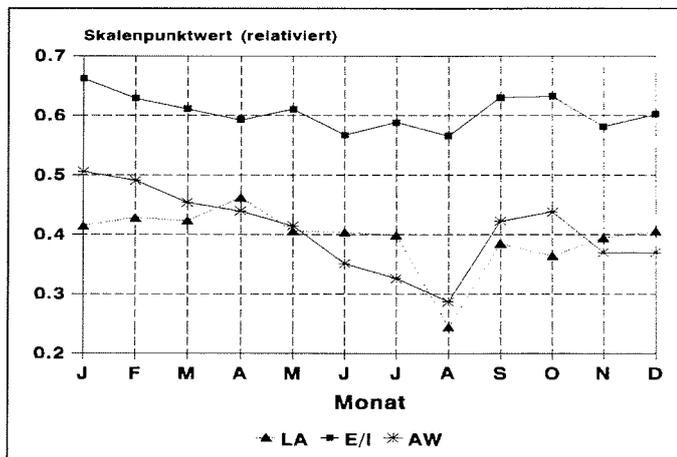
Es bestehen enge Korrelationen zum Bereich "Extraversion/Introversion" sowie auch zur "Leistungsbezogenen Aktivität".

Eine Analyse in Hinsicht auf eine Circadianrhythmik des "AW" mit Hilfe der Cosinor-Methodik wurde nicht für erforderlich gehalten, da wegen der engen Beziehungen des "AW" zur "E/I" und zur "LA" gegenüber den bei der "E/I" und "LA" erzielten Ergebnissen keine wesentlich neuen Aspekte zu erwarten waren. (Siehe Kapitel 5.2.3.1, Tab. EWL-1 und Tab. EWL-2; vergleiche Kapitel 5.2.3.1: *Zur Validität der EWL-N*; siehe Anhang 10.2: *Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N*).

Dabei ist der Befindlichkeitsbereich "AW" keinesfalls unwichtig: Eine gefestigte Selbstsicherheit und eine positive Stimmung dürften für ein Leben und Arbeiten in der Antarktis oder in ähnlicher Exposition äußerst wichtig sein. Die Kenntnis von Gründen, die zur Beeinträchtigung dieser Eigenschaftsbereiche führen können, mag dabei helfen, Problemen vorzubeugen.

Ein Vergleich der Jahreslinienzüge der monatlich für VPgesamt gemittelten SPWe des "AW", der "E/I" und der "LA" in Abb. AW-1 belegt dies. Die auf die Itemzahlen ihrer EWL-Skalen relativierten monatlichen mittleren SPWe der EWL-Bereiche "AW" und "E/I" zeigen einen weitgehend parallelen Verlauf. Während die Jahresvariationslinie der "AW" von Januar bis August kontinuierlich abfällt, sehen wir für die Jahresvariation der "E/I" einen flacheren Verlauf mit den niedrigsten Werten in den Monaten Juni und August. Die Werte beider

Abb. AW-1 "Leistungsbezogene Aktivität", "Extraversion/Introversion" und "Allgemeines Wohlbehagen": Darstellung der auf die Itemzahlen ihrer EWL-Skalen relativierten mittleren Skalenpunktwerte, monatlich für VPgesamt



EWL-Bereiche für September und Oktober liegen wieder höher, die Werte für November und Dezember etwas niedriger. Der Jahreslinienzug der "LA" verläuft über das Jahr auf etwa gleichbleibender Höhe. Nur der Wert des Monats August fällt deutlich unter das Niveau der übrigen Werte und mit den Minimalwerten der "E/I" und des "AW" zeitlich zusammen. Der Generalitätsgrad der drei Befindlichkeitsbereiche entspricht einem mittleren Grad ihrer Ausprägung. Die Generalitätsgrade des "AW" und der "LA" liegen ungefähr gleich hoch, der Generalitätsgrad der "E/I" ist auf der relativierten EWL-Skala um ca. 20 % höher einzuordnen. (Siehe Abb. AW-1; siehe Kapitel 5.2.3.1: *Darstellung der Ergebnisse der EWL-N. Interpretation der EWL*; vergleiche Kapitel 5.2.3.7: *Ein Vergleich der 6 Befindlichkeitsbereiche der EWL-N*).

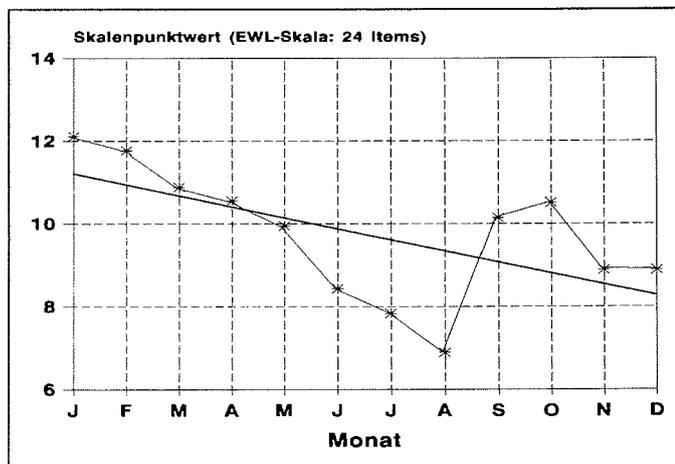
Das monatliche mittlere "Allgemeine Wohlbehagen"

Die mittleren monatlichen Skalenpunktwerte (SPWe) des "Allgemeinen Wohlbehagens" bewegen sich in den Monaten Januar bis Dezember (d.h. im gesamten Untersuchungszeitraum) für VPgesamt unterhalb der Mitte bzw. im zweiten Viertel seiner EWL-Skala.

Im Sommer und Herbst (Januar bis Mai) und zum Winterende-Frühlingsbeginn (September und Oktober) sind die mittleren SPWe im Verhältnis zu ihrem Jahresmittelwert (SPW: 9,74) erhöht. Zum Herbstende und in den ersten zwei Wintermonaten (Juni bis August) sowie im

Frühling (November, Dezember) sind sie erniedrigt. Der Jahreslinienzug der monatlich gemittelten SPWe des "AW" zeigt damit einen Verlauf, der durch einen relativ hohen Ausgangswert für Januar (maximaler mittlerer SPW: 12,12) mit nachfolgender kontinuierlicher Abnahme der Werthöhen bis zum Monat August (minimaler mittlerer SPW: 6,89) und einer Erhöhung der mittleren SPWe für die Monate September und Oktober (mittlere SPWe: 10,14 und 10,52) charakterisiert ist. Die Werte der Monate November und Dezember liegen wieder leicht unterhalb des Mittelwertes der monatlichen mittleren SPWe. Da der Verlauf des Jahresvariationslinienzuges des "AW" sehr dem Verlauf des Linienzuges der "E/I" ähnelt, trifft auch für die Monate mit höherem "AW" der bei der "E/I" gegebene Hinweis auf besondere Aktivität und auch Geselligkeit der Überwinterer in den Monaten mit gesteigerter "E/I" zu. (Vergl. Kap. 2.1: *Die "eigentliche Überwinterung"*). Die Variationsbreite der monatlichen arithmetischen Mittelwerte der SPWe nimmt mit 5,23 SPWen einen relativ großen Anteil der EWL-Skala für das "AW" (24 Items) ein. Sie entspricht damit in etwa der Variationsbreite der "LA" (5,44 SPWe bei 25 Items), während die "E/I" eine schmalere Breite der Variation bietet (1,64 SPWe bei 17 Items). Im Jahresverlauf zeigt sich insgesamt eine Tendenz zur Abnahme der monatlichen "AW"-Skalenpunktwerthöhen. (Siehe Abb. AW-2 und Tab. AW-1).

Abb. AW-2 "Allgemeines Wohlbehagen":
Arithmetische Mittel seiner Skalenpunktwerte, monatlich für VPgesamt,
Regressionsgerade



Der Korrelationskoeffizient der Regressionsgeraden in Abb. AW-2 hat den Wert $r = -0,56$. Es läßt sich mit ihm lediglich eine abnehmende Tendenz des mittleren "AW" über das Jahr abschätzen, da zu seiner Berechnung nur die zwölf Monatsmittelwerte der SPWe des "AW" benutzt wurden. Ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen dem monatlichen mittleren

"AW" und der Lage der Monate im Jahr konnte bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % nicht für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten nachgewiesen werden.

n = 12	r = - 0,56	$z_F = - 0,63$	2 $\sigma_Z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_Z$
--------	------------	----------------	---------------------	--------------------

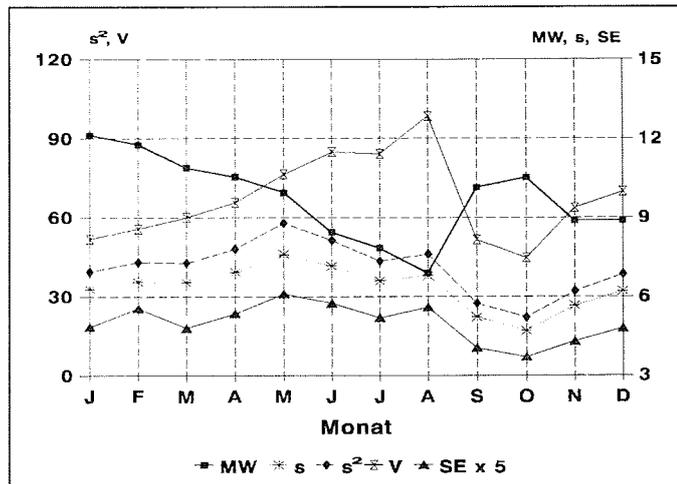
In Tabelle AW-1 sind Daten der beschreibenden Statistik (SAS-Programm) zusammengefaßt. Neben den arithmetischen Mitteln der monatlichen Skalenpunktwerte des "AW", die schon in Abb. AW-2 dargestellt sind, werden Größen genannt, die die Streuungen der Daten in den einzelnen Monaten beschreiben. (Siehe auch Abb. AW-3).

Tab. AW-1 Monatliches mittleres "Allgemeines Wohlbehagen" (EWL-Bereich mit 24 Items) für VPgesamt: Statistische Beschreibung (SAS-Programm)

Monat	n	MW	s	Min	Max	SE	Summe	s ²	V
Jan	42	12,12	6,28	1	23	0,97	509	39,38	51,78
Feb	35	11,77	6,55	0	21	1,11	412	42,95	55,67
Mrz	46	10,89	6,53	0	23	0,96	501	42,68	59,98
Apr	42	10,55	6,93	0	24	1,07	443	48,01	65,69
Mai	39	9,95	7,61	0	24	1,22	388	57,84	76,44
Jun	39	8,44	7,16	0	20	1,15	329	51,25	84,86
Jul	40	7,83	6,59	0	21	1,04	313	43,38	84,17
Aug	37	6,89	6,79	0	21	1,12	255	46,10	98,52
Spt	42	10,14	5,23	1	20	0,81	426	27,34	51,56
Okt	40	10,52	4,70	2	20	0,74	421	22,10	44,67
Nov	43	8,88	5,66	0	20	0,86	382	32,06	63,73
Dez	42	8,88	6,20	0	20	0,96	373	38,50	69,86

Außer dem kleinsten arithmetischen Mittelwert (MW) der SPWe des "AW" entfallen auf den Monat August der kleinste Standardfehler (SE) und der größte Variabilitätskoeffizient (V). Die zwei nächstkleinsten arithmetischen Mittel und die zwei nächstgrößten Variabilitätskoeffizienten finden wir in den Monaten Juni und Juli. Die drei größten arithmetischen Mittel liegen in den Monaten Januar, Februar und März, die drei größten Standardabweichungen (s) und Varianzen (s²) in den Monaten April, Mai und Juni und der zweit- und drittgrößte Standardfehler in den Monaten Mai und Juni. In den Monaten September, Oktober und November finden sich die drei kleinsten Standardabweichungen, Varianzen und Standardfehler. Die drei kleinsten Variabilitätskoeffizienten liegen in den Monaten September, Oktober und Januar.

Abb. AW-3 "Allgemeines Wohlbehagen":
 Statistische Merkmale, monatlich für VPgesamt



Arithmetische Mittel (MW), Standardabweichungen (s), Varianzen (s^2), Variabilitätskoeffizienten (V) und Standardfehler (SE) der Skalenpunktwerte der "AW", monatlich für VPgesamt, Jahresverläufe; die Skalen der statistischen Größen und/oder ihre Werte wurden einander angepaßt: Wir sehen Parallelverläufe der Linienzüge für s, s^2 , SE und teilweise V. Der Linienzug der monatlichen arithmetischen Mittel verläuft invers zum Linienzug der Variabilitätskoeffizienten.

In Abbildung AW-3 werden die Datenreihen der statistischen Größen aus Tabelle AW-1 graphisch dargestellt. Ihre Skalen und/oder die Werte ihrer Daten sind zu Vergleichszwecken aufeinander abgestimmt.

Wir sehen einen Parallelverlauf der Jahreslinienzüge der Größen s, s^2 und SE. Die Jahresvariation der Variabilitätskoeffizienten verläuft in den ersten fünf und den letzten vier Monaten des Untersuchungszeitraums ebenfalls parallel zu diesen Linienzügen. Nur in den Monaten Juni, Juli und August weicht ihr Jahreslinienzug in positiver Richtung ab, da hier die drei kleinsten arithmetischen Mittel liegen. Der Jahreslinienzug der arithmetischen Mittel verhält sich invers zum Linienzug der Variabilitätskoeffizienten, weil sich die Standardabweichungen in engen Grenzen halten.

Auffällig erscheinen in Abb. AW-3 die Monate Mai bzw. Juni bis August (entsprechend der Polarnacht bzw. der dunkelsten Jahreszeit) durch leicht erhöhte Plateaus der Linienzüge für s, s^2 , SE und V sowie kleine Werte der arithmetischen Mittel und die Monate September und Oktober durch relativ hohe Werte der arithmetischen Mittel und niedrige Abschnitte der Linienzüge der übrigen dargestellten Größen.

Das monatlich für die einzelnen Meßzeitpunkte gemittelte "Allgemeine Wohlbehagen"

Die mittleren Skalenpunktwerte des "AW" für die einzelnen Meßzeitpunkte in den zwölf Monaten des Untersuchungszeitraums sind in Abb. AW-4 für VPgesamt dargestellt. Jeder Linienzug zeigt die MZP 2 bis 6 (08.00 bis 24.00 Uhr) als monatliches "AW"-Tagesprofil. Die MZP-1 (04.00 Uhr) wurden nicht aufgeführt, da sie mit nur zwei Angaben im gesamten Untersuchungszeitraum äußerst selten benannt wurden.

Die Tagesprofile des "AW" bieten einen Verlauf, der den Tagesprofilen der "LA" und "E/I" ähnelt bzw. durchschnittlich invers zu den Tagesprofilen der "AD" verläuft. (Siehe Abb. LA-3, Abb. AD-3 und Abb. E/I-3). Sie zeigen wie die Tagesprofile der "LA" und der "E/I" umgekehrt u-förmige Verläufe, die ebenfalls durch eine Rechtsschiefe, die nach rechts allerdings weiter geöffnet erscheint, gekennzeichnet sind: Die 08.00 Uhr-Werte entsprechen abgesehen vom Monat November stets den niedrigsten Tageswerten. Die Tagesmaxima liegen mit Ausnahme der Monate Juni, Juli und August, in denen die Maximalwerte auf den MZP-6 (24.00 Uhr) verschoben sind, bei 16.00 oder 20.00 Uhr. Und die 24.00 Uhr-Werte (Ausnahme Juni bis August) liegen an zweit- bis viertniedrigster Stelle. Die stärkere Rechtsverschiebung der Tagesprofile kommt gut im mittleren Tagesprofil des Jahres zum Ausdruck. Dort sehen wir den Tagesmaximalwert bei 20.00 Uhr und für 24.00 Uhr einen nur wenig geringeren mittleren Skalenpunktwert. (Vergleiche die Abbildungen LA-4 und E/I-4 mit Abb. AW-5). Ausnahmen von der umgekehrten U-Form der Tagesprofile sehen wir (wie bei der "E/I") in den Monaten Juni, Juli und August, in denen erst der 24.00 Uhr-Wert den höchsten Tageswert einnimmt,

Abb. AW-4 "Allgemeines Wohlbehagen":
MZP 2 bis 6, VPgesamt, monatlich gemittelt (monatliche Tagesprofile)

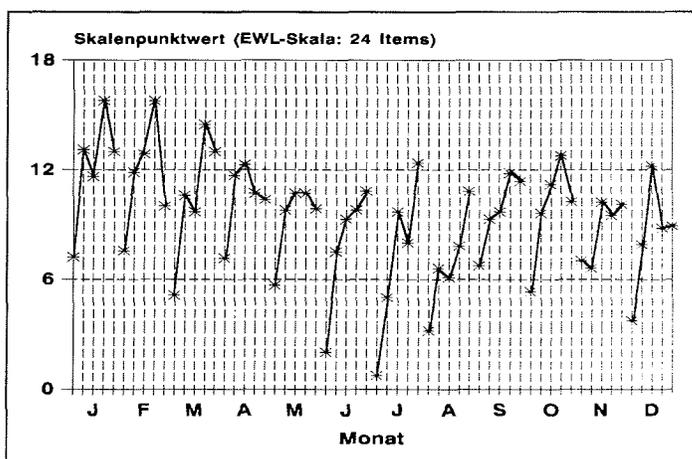
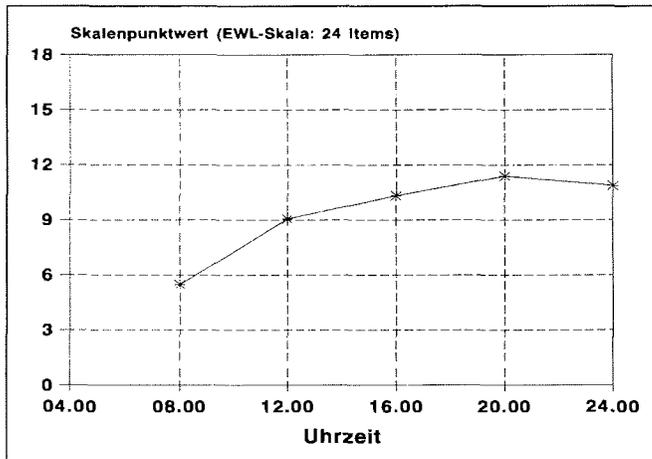


Abb. AW-5 "Allgemeines Wohlbefinden":
MZP 2 bis 6 über Januar bis Dezember für VPgesamt gemittelt
(Tagesprofil über das Jahr)



wodurch die Tagesprofile eher gestreckt erscheinen, zumal die MZP-2-Werte besonders niedrig liegen. Während die höchsten Tageswerte der "E/I" über das ganze Jahr in etwa gleiche Höhen erreichen (Ausnahme November mit niedrigerem Tageshöchstwert), nehmen die höchsten Tageswerte des "AW" von Januar bis Mai ab und halten sich danach bis zum Jahresende in etwa auf diesem Niveau. Die niedrigen Tageswerte der MZP-2 (08.00 Uhr) liegen bei dem "AW" in den Monaten Juni, Juli und August besonders niedrig.

Der Linienzug in Abb. AW-5 kann, da er das mittlere jährliche Tagesprofil der "AW" darstellt, als Vergleichslinie für die monatlichen Tagesprofile angesehen werden.

Da bei dem "AW" keine Cosinor-Analysen durchgeführt wurden, soll anhand der monatlichen Mittelwerte über den einzelnen Meßzeitpunkten (wie bei der Müdigkeit, Kapitel 5.2.2: *Die monatliche mittlere Müdigkeit zur Zeit der einzelnen MZP*) eine eventuell vorliegende Phasenverschiebung des "AW" im Laufe des Jahres nachgewiesen werden. (Siehe Tab. AW-2).

Die Tagesschwankung des "AW" verschiebt seine Phasenlage vom Sommer zum Winter um 2 Stunden und 40 Minuten auf eine mittlere Uhrzeit von 22.40 Uhr. Der Zeitsprung der Phase zwischen Winter und Frühling ist noch größer: 4 Stunden. Die Phase des Herbstes liegt um 40 Minuten früher als im Sommer. Betrachtet man die drei Monate Juni bis August, erhält man eine mittlere Tageszeit von 24.00 Uhr für das größte "AW". Der Zeitunterschied dieser Phase zur Phasenlage der Monate Januar bis März beträgt dann ebenfalls 4 Stunden. Der Unterschied zur Phasenlage im Frühling umfaßt sogar 5 Stunden und 20 Minuten.

Das Gefühl des durch die Probanden erreichten größten "AW" wurde im Winter für eine deutlich später liegende Tageszeit als in den übrigen Jahreszeiten angegeben.

Tab. AW-2 "Allgemeines Wohlbehagen":
 Monatliche und jahreszeitliche mittlere Maximalwerte
 entsprechend Abbildung AW-4

Monat	größtes "AW", monatlich		größtes "AW", jahreszeitlich
	an MZP	um Uhr	um Uhr
Januar	5	20.00	Sommer
Februar	5	20.00	20.00
März	5	20.00	
April	4	16.00	Herbst
Mai	4 - 5	18.00	19.20
Juni	6	24.00	
Juli	6	24.00	Winter
August	6	24.00	22.40
September	5	20.00	
Oktober	5	20.00	Frühling
November	4 - 6	20.00	18.40
Dezember	4	16.00	

Signifikanzprüfungen der Unterschiede des mittleren "Allgemeinen Wohlbehagens" verschiedener Monatszeiträume

Wie bei den bisher abgehandelten Variablen wurden auch hier zur Klärung der Frage, ob im Laufe des Untersuchungszeitraums Unterschiede in der Höhe des "AW" auftraten, drei Vergleichszeiträume festgelegt: Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November mit Dezember. Für die Berechnungen der Signifikanzen wurden die Originaldaten herangezogen.

Die Anzahlen der Variablen betragen für die drei Zeiträume $n_1 = 204$, $n_2 = 200$ und $n_3 = 85$. Die arithmetischen Mittel der SPWe des "AW" dieser drei Zeiträume haben die Werte $x_1 = 10,95$, $x_2 = 8,83$ und $x_3 = 8,88$. Beim Vergleich der drei oben genannten Zeiträume hinsichtlich ihres mittleren "AW" findet sich ein hochsignifikanter Unterschied der Höhen der mittleren Skalenpunktwerte zwischen den Zeiträumen Januar bis Mai und Juni bis Oktober sowie ein signifikanter Unterschied zwischen den Zeiträumen Januar bis Mai und November mit Dezember. Kein signifikanter Unterschied besteht zwischen den mittleren SPW-Höhen der Zeiträume Juni bis Oktober und November mit Dezember. (t-Test, siehe Tab. AW-3).

Das mittlere monatliche "AW" hat also über das Jahr eine signifikante Reduzierung seiner Höhe erfahren.

Tab. AW-3 "Allgemeines Wohlbehagen":
 Arithmetische Mittel seiner Skalenpunktwerte und Anzahl (n) der Variablen,
 Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten
 Monatszeiträumen (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (\bar{x})	n
Januar-Mai	$x_1 = 10,95$	204
Juni-Oktober	$x_2 = 8,83$	200
November-Dezember	$x_3 = 8,88$	85

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	$p \leq 0,005$
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	$p \leq 0,02$

Zur Aussagekraft der Höhe des monatlichen mittleren "Allgemeinen Wohlbehagens"

Die in Kapitel 5.2.3.2 für die "LA" gemachten Anmerkungen gelten prinzipiell auch hier:

Die monatlichen Mittelwerte der SPWe des "AW" zur Zeit der MZP-2 fallen gegenüber den mittleren SPWen der anderen MZP in elf Monaten des Untersuchungszeitraums (Ausnahme Monat November) am niedrigsten aus. Die "AW"-Mittelwerte der MZP-6 liegen im Durchschnitt an zweithöchster Stelle. (Siehe Abb. AW-5). Da die MZP 2 und 6 weniger oft frequentiert wurden als die MZP 3, 4 und 5, ist anzunehmen, daß die monatlichen Mittelwerte des "AW" bei stärkerer Benennung der MZP 2 und 6 niedriger ausgefallen wären.

Nimmt man an, daß es den Probanden, die die MZP 2 und 6 nicht wahrgenommen haben, am Morgen oder Abend an Motivation zur Durchführung dieser Untersuchung mangelte, es sei denn die Probanden hätten noch oder schon geschlafen, und setzt man Schlaf bzw. eine mangelnde Motivation gleich mit einem extrem niedrigen "Allgemeinen Wohlbehagen", dann würden auch die "AW"-Mittelwerte der MZP 2 und 6 in den Tagesprofilen noch niedriger ausfallen als sie es so schon sind. Dieses bereits bei den anderen Variablen der EWL-N gemachte Gedankenspiel läßt sich natürlich praktisch nicht umsetzen, da es keine Möglichkeit gibt, die oben genannten Situationen hinsichtlich ihrer "Befindlichkeit" zu skalieren.

Insbesondere in den Monaten Mai bis Oktober dürften die mittleren SPWe des "AW" niedriger ausgefallen sein, wenn die Probanden die MZP 2 und 6 während des ganzen Untersuchungszeitraums regelmäßiger wahrgenommen hätten. (Siehe Kapitel 5.2.2: Tabelle M-4, Abb. M-5 und Abb. M-6; vergleiche die entsprechenden Abschnitte der Kapitel 5.2.1, 5.2.3.2, 5.2.3.3 und 5.2.3.4).

Die Aussagen zu den monatlich gemittelten SPWen des "AW" und zu seinen Tagesprofilen müssen entsprechend den hier aufgezeigten Gesichtspunkten kritisch betrachtet werden.

5.2.3.6 "Emotionale Gereiztheit" und "Angst" der EWL-N

Zur zweiten Interpretationsstufe der EWL-N gehören außer den bereits behandelten Bereichen "Leistungsbezogene Aktivität", "Allgemeine Desaktivität", "Extraversion/Introversion" und "Allgemeines Wohlbehagen" die Bereiche "Emotionale Gereiztheit" und "Angst" (im folgenden "EG" und "Angst" genannt). Beide Bereiche werden der Klasse der "Negativen Befindlichkeit" zugeordnet. Die "EG" umfaßt 26, die "Angst" 37 Items in adjektivischer Form.

Die "EG" wird durch die Subskalen Erregtheit, Empfindlichkeit und Ärger bestimmt. Sie besitzt einen durch Aggression und Ärger gefärbten Charakter. Enge Korrelationen bestehen zu den Subskalen des Bereichs "Angst". Ferner gibt es positive Korrelationen zum Bereich "Allgemeine Desaktivität" sowie negative Korrelationen zur "Extraversion/Introversion" und zum "Allgemeinen Wohlbehagen".

Die "Angst" wird durch die Subskalen Ängstlichkeit, Deprimiertheit und Verträumtheit gekennzeichnet. Dabei besitzt die Subskala Verträumtheit allerdings eine hohe spezifische Varianz und trägt nur wenig zur Gesamtvarianz des Bereichs "Angst" bei. (Siehe Kap. 5.2.3.1, Tab. EWL-1 und Tab. EWL-2; vergleiche Kap. 5.2.3.1: *Zur Validität der EWL-N*; siehe Anhang 10.2: *Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N*).

Die Subskalen der Bereiche "EG" und "Angst" werden im weiteren nicht analysiert.

Sowohl für die "EG" als auch für die "Angst" wurden zu wenig Adjektive bejaht, sodaß eine Analyse dieser Befindensbereiche mit Hilfe der Cosinor-Methodik hinsichtlich signifikanter Circadianrhythmik keine sinnvollen Ergebnisse versprach.

Die geringe Bejahung der Adjektive der Befindensbereiche "EG" und "Angst" spricht dafür, daß die Probanden in ihrer Gesamtheit in der Lage waren, sich trotz der in der Winterzeit auftretenden Spannungen in der Überwinterungsgruppe miteinander zu arrangieren. Es sollten ja auch Aggressionen nach Möglichkeit nicht zu den Umgangsformen einer isoliert lebenden kleinen Gruppe von Menschen gehören, in der sich jeder auf jeden anderen unter allen Umständen verlassen können muß. Ebenso wären Ängste oder Verträumtheit, die den erforderlichen Unternehmungsgeist gelähmt bzw. den Realitätssinn geschmälert hätten, in der für den Menschen lebensfeindlichen Antarktis fehl am Platze gewesen.

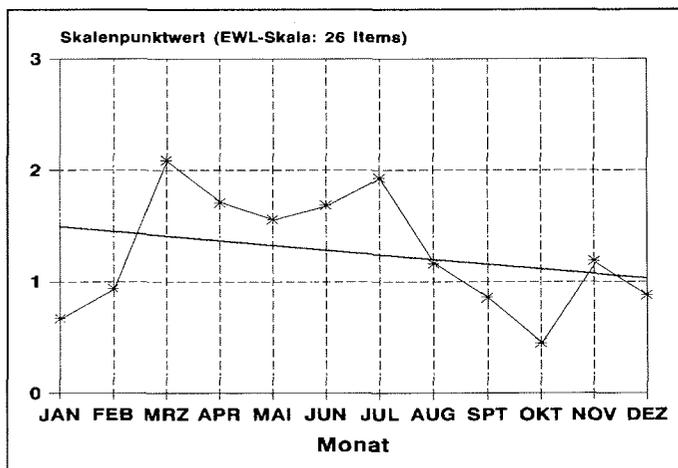
Die monatliche mittlere "Emotionale Gereiztheit"

Die mittleren monatlichen Skalenpunktwerte (SPWe) der "Emotionalen Gereiztheit" bewegen sich in den Monaten Januar bis Dezember (d.h. im gesamten Untersuchungszeitraum) für VPgesamt im untersten Zwölftel ihrer EWL-Skala. (Siehe Abb. EG-1).

Trotz der sehr niedrigen Einschätzung der "EG" liegen die Werte in den Monaten März bis Juli im Mittel ungefähr doppelt so hoch (SPW 1,80) wie in den Monaten Januar, Februar und August bis Dezember (SPW 0,87). Vom zweitniedrigsten Wert im Januar (SPW 0,67) steigt die Jahresvariationslinie der "EG" zum Maximalwert (SPW 2,09) im März. Der zweithöchste mittlere SPW (SPW 1,93) schließt die "Hochphase" der "EG" im Juli ab. Der Minimalwert (SPW 0,45) wird im Oktober erzielt.

Die Variationsbreite der monatlichen arithmetischen Mittelwerte der SPWe nimmt mit 1,64 SPWen einen relativ kleinen Anteil der EWL-Skala für die "EG" mit 26 Items ein. Im Jahresverlauf der monatlichen arithmetischen Mittelwerte der "EG" zeigt sich insgesamt eine Tendenz zur Abnahme der monatlichen SPW-Höhen. (Siehe Abb. EG-1 und Tab. EG-1).

Abb. EG-1 "Emotionale Gereiztheit":
Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte, monatlich für VPgesamt,
Regressionsgerade



Bei der Verteilung der unterschiedlich hohen Einschätzung der "EG" fällt auf, daß die "EG" in dem Monat nach der Abreise der vorjährigen Mannschaft von den Probanden zum ersten Mal höher eingeschätzt wird. Dieser Zeitpunkt fällt zusammen mit dem Beginn der ersten Phase der "eigentlichen Überwinterung", d.h. mit einer Aktivitätsphase. Die Zeit der leicht erhöhten "EG" dauert bis zum Monat Juli. In etwa stimmt diese Zeitspanne mit der Dauer der Phasen 1 und 2 der "eigentlichen Überwinterung" überein. Die niedrigeren mittleren SPWe der "EG" ab August fallen in die Phase 3 der "eigentlichen Überwinterung". Die ersten Monate der Phase 3 waren unter anderem gekennzeichnet durch Aktionen wie z.B. Exkursionen mit hohem Erlebniswert oder durch ausgeprägtere Geselligkeit. (Kap. 2.1: *Die "eigentliche Überwinterung"*).

Ein Vergleich der Jahresvariationslinie der "EG" mit den Jahresverlaufslinienzügen der "Extraversion/Introversion" und des "Allgemeinen Wohlbehagens" macht deutlich, daß eine größere "E/I" oder ein stärker eingeschätztes "AW" mit einer geringeren "EG" einhergehen und umgekehrt. Insbesondere der Linienzug der monatlich für VPgesamt gemittelten SPWe der "E/I" verläuft invers zum Linienzug der monatlichen mittleren "EG". (Vergleiche Abbildung EG-1 mit den Abbildungen E/I-1 und AW-1).

Der bei der "E/I" und dem "AW" gegebene Hinweis auf besondere Aktivität und auch Geselligkeit der Überwinterer in den Monaten mit gesteigerter "E/I" und höherem "AW" betrifft daher hier die durch eine niedrigere "EG" ausgewiesenen entsprechenden Monate.

Der Korrelationskoeffizient der Regressionsgeraden in Abb. EG-1 hat den Wert $r = -0,27$. Es läßt sich mit ihm lediglich eine abnehmende Tendenz der mittleren "EG" über das Jahr abschätzen, da zu seiner Berechnung nur die zwölf Monatsmittelwerte der SPWe der "EG" benutzt wurden. Ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der monatlichen mittleren "EG" und der Lage der Monate im Jahr konnte bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % nicht für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten nachgewiesen werden.

$$n = 12 \quad r = -0,27 \quad z_F = -0,28 \quad 2 \sigma_z = 0,67 \quad z_F < 2 \sigma_z$$

Tab. EG-1 Monatliche mittlere "Emotionale Gereiztheit" (EWL-Bereich mit 26 Items) für VPgesamt: Statistische Beschreibung (SAS-Programm)

Monat	n	MW	s	Min	Max	SE	Summe	s ²	V
Jan	42	0,67	1,28	0	6	0,20	28	1,64	192,23
Feb	35	0,94	1,63	0	5	0,27	33	2,64	172,45
Mrz	46	2,09	3,52	0	13	0,52	96	12,39	168,68
Apr	42	1,71	2,61	0	9	0,40	72	6,79	152,05
Mai	39	1,56	2,51	0	9	0,40	61	6,30	160,54
Jun	39	1,69	2,87	0	12	0,46	66	8,22	169,40
Jul	40	1,93	2,98	0	10	0,47	77	8,89	154,90
Aug	37	1,16	1,82	0	9	0,30	43	3,31	156,46
Spt	42	0,86	1,34	0	5	0,21	36	1,78	155,83
Okt	40	0,45	0,85	0	4	0,13	18	0,72	187,96
Nov	43	1,19	1,97	0	10	0,30	51	3,87	165,85
Dez	42	0,88	1,38	0	7	0,21	37	1,91	156,97

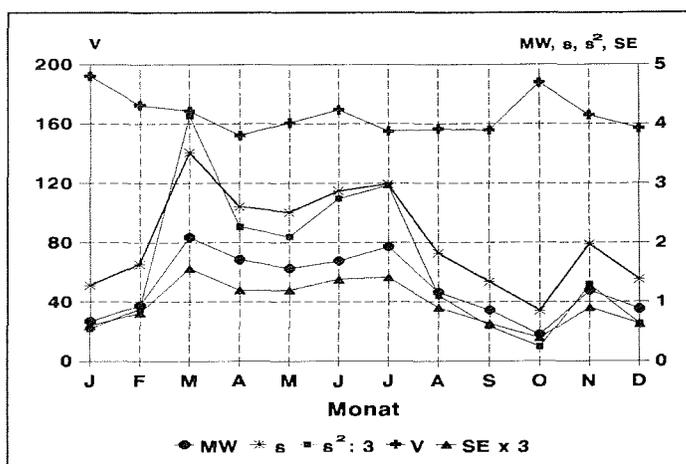
In Tabelle EG-1 sind Daten der beschreibenden Statistik (SAS-Programm) zusammengefaßt. Neben den arithmetischen Mitteln der monatlichen Skalenpunktwerte der "EG", die schon in

Abb. EG-1 dargestellt sind, werden Größen genannt, die die Streuungen der Daten in den einzelnen Monaten beschreiben. (Siehe auch Abb. EG-2).

Die drei größten arithmetischen Mittelwerte (MW) der SPWe der "EG" liegen in den Monaten März, April und Juli. Die jeweils drei größten Werte der Standardabweichung (s), der Varianz (s²) und des Standardfehlers (SE) sehen wir in den Monaten März, Juni und Juli. Die drei kleinsten arithmetischen Mittel, Standardabweichungen, Varianzen und Standardfehler fallen in die Monate Januar, September und Oktober. Diese Verhältnisse führen zu einem Parallelverlauf der Jahreslinienzüge der genannten Größen in Abbildung EG-2. Angedeutet invers dazu verläuft der Jahreslinienzug der monatlichen Variabilitätskoeffizienten (V): Die drei niedrigsten Werte finden sich in den Monaten April, Juli und September, die drei höchsten in den Monaten Januar, Februar und Oktober.

In Abbildung EG-2 werden die Datenreihen der statistischen Größen aus Tabelle EG-1 graphisch dargestellt. Ihre Skalen und/oder die Werte ihrer Daten sind zu Vergleichszwecken aufeinander abgestimmt. Auffällig erscheinen in Abb. EG-2 die Monate März bis Juli durch leicht erhöhte Verläufe der Linienzüge für die Größen MW, s, s² und SE.

Abb. EG-2 "Emotionale Gereiztheit":
Statistische Merkmale, monatlich für VPgesamt



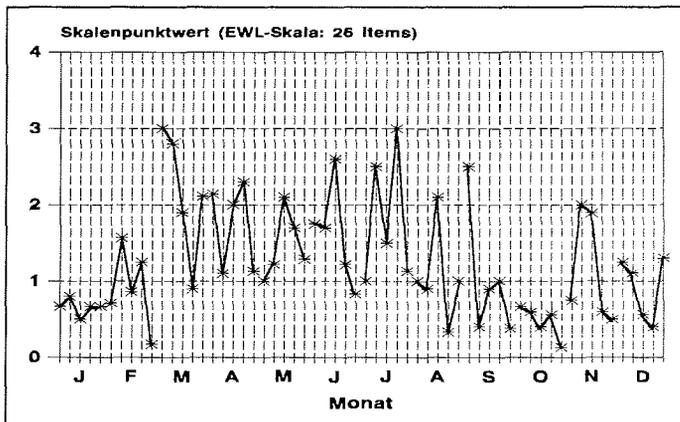
Arithmetische Mittel (MW), Standardabweichungen (s), Varianzen (s²), Variabilitätskoeffizienten (V) und Standardfehler (SE) der Skalenpunktwerte der "EG", monatlich für VPgesamt, Jahresverläufe; die Skalen der statistischen Größen und/oder ihre Werte wurden einander angepaßt: Wir sehen Parallelverläufe der Linienzüge für die Größen MW, s, s² und SE sowie einen dazu andeutungsweise inversen Verlauf des Linienzuges für V.

Die monatlich für die einzelnen Meßzeitpunkte gemittelte "Emotionale Gereiztheit"

Die mittleren Skalenpunktwerte der "EG" für die einzelnen Meßzeitpunkte in den 12 Monaten des Untersuchungszeitraums sind in Abb. EG-3 für VPgesamt dargestellt. Jeder Linienzug zeigt die MZP 2 bis 6 (08.00 bis 24.00 Uhr) als monatliches "EG"-Tagesprofil. Die MZP-1 (04.00 Uhr) wurden nicht aufgeführt, da sie mit nur zwei Angaben im gesamten Untersuchungszeitraum äußerst selten benannt wurden.

Die monatlichen Tagesprofile der "EG" sehen sehr unterschiedlich aus. Man kann eigentlich nur sagen, daß sich der Verlauf des Linienzuges der monatlich gemittelten "EG" in der Abfolge der monatlichen Tagesprofile widerspiegelt: Höher angesiedelte Tagesprofile entsprechen höheren Monatsmittelwerten und umgekehrt niedrigere Monatsmittelwerte niedriger angesiedelten Tagesprofilen. Man erkennt an den unregelmäßig verlaufenden Profilen, daß eine Cosinor-Analyse hinsichtlich des Nachweises von Circadianrhythmik nicht nur wegen ihrer niedrigen SPWe problematisch gewesen wäre.

Abb. EG-3 "Emotionale Gereiztheit":
MZP 2 bis 6, VPgesamt, monatlich gemittelt (monatliche Tagesprofile)

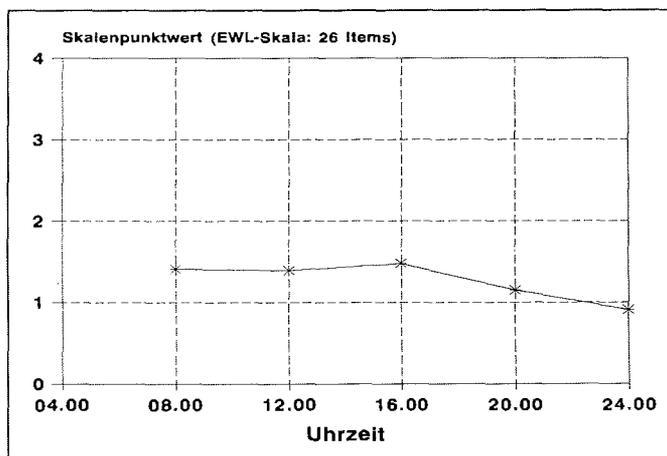


Im mittleren Tagesprofil des Jahres sehen wir einen Linienzug, dessen Werte für die MZP 2, 3 und 4 (entsprechend 08.00, 12.00 und 16.00 Uhr) auf gleicher Höhe zwischen einem und zwei SPWen liegen. Die Tageswerte bei 20.00 Uhr und für 24.00 Uhr (MZP 5 und 6) fallen auf nur wenig geringere mittlere Werte bei Skalenpunkt 1 ab. Von einem umgekehrt u-förmigen Verlauf des Tagesprofils des Jahres kann man wegen der geringen Schwankungsbreite der Werte nicht sprechen. (Siehe Abb. EG-4). Der Linienzug in Abb. EG-4 kann, da er das mittlere

jährliche Tagesprofil der "EG" darstellt, als Vergleichslinie für die monatlichen Tagesprofile angesehen werden.

Eine Überlegung zur Phasenveränderung der Tagesrhythmik der "EG" im Laufe des Jahres (wie bei der Müdigkeit und dem "AW") lohnt wegen der geringen Bejahung der Adjektive und der unregelmäßigen Tagesprofile des Bereichs "EG" nicht.

Abb. EG-4 "Emotionale Gereiztheit":
MZP 2 bis 6 über Januar bis Dezember für VPgesamt gemittelt
(Tagesprofil über das Jahr)



Signifikanzprüfungen der Unterschiede der mittleren "Emotionalen Gereiztheit" verschiedener Monatszeiträume

Wie bei den bisher abgehandelten Variablen wurden auch hier zur Klärung der Frage, ob im Laufe des Untersuchungszeitraums signifikante Unterschiede in der Höhe der "EG" auftraten, drei Vergleichszeiträume festgelegt: Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November mit Dezember. Für die Berechnungen der Signifikanzen wurden die Originaldaten herangezogen.

Die Anzahlen der Variablen betragen für die drei Zeiträume $n_1 = 204$, $n_2 = 200$ und $n_3 = 85$. Die arithmetischen Mittel der SPWe der "EG" dieser drei Zeiträume haben die Werte $x_1 = 1,41$, $x_2 = 1,25$ und $x_3 = 1,04$. Beim Vergleich der drei oben genannten Zeiträume hinsichtlich ihrer mittleren "EG" findet sich kein signifikanter Unterschied der Höhen der mittleren Skalenpunktwerte zwischen den drei Zeiträumen. (t-Test, siehe Tab. EG-2).

Tab. EG-2 "Emotionale Gereiztheit":
Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte und Anzahl (n) der Variablen,
Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten
Monatszeiträumen (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 1,41$	204
Juni-Oktober	$x_2 = 1,25$	200
November-Dezember	$x_3 = 1,04$	85

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren "Emotionalen Gereiztheit"

Die in Kapitel 5.2.3.2 für die "LA" gemachten Anmerkungen gelten hier nicht: Die monatlichen Mittelwerte der SPWe der "EG" zur Zeit der MZP 2 und 6 entsprechen sowohl den niedrigsten, den höchsten oder den im mittleren Bereich der Tagesprofile liegenden Tageswerten. Zwar wurden auch hier die MZP 2 und 6 weniger oft frequentiert als die MZP 3, 4 und 5; es ist aber wegen der unterschiedlichen Höhen der Werte der MZP 2 und 6 nicht abzusehen, in welche Richtung der Wertskala die monatlichen Mittelwerte der "EG" bei stärkerer Benennung der MZP 2 und 6 verändert worden wären.

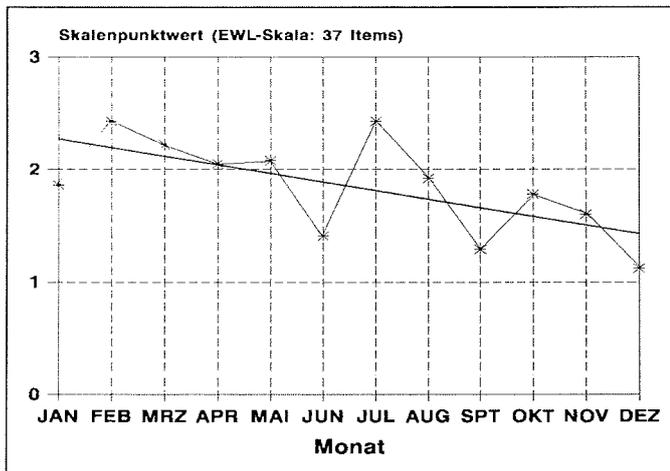
Zumindest wäre zu erwarten, daß die Einflüsse der Werte der höher frequentierten MZP 2 und 6 nicht überwiegend eine Erniedrigung oder Erhöhung der Jahresvariationslinie (wie bei den anderen bisher behandelten Variablen der EWL-N) nach sich ziehen. (Siehe Abb. EG-3).

Die monatliche mittlere "Angst"

Die mittleren monatlichen Skalenpunktwerte (SPWe) des EWL-Bereichs "Angst" (im folgenden "Angst") für VPgesamt belegen im gesamten Untersuchungszeitraum (mit maximal 2,43 SPWen im Februar und Juli) in Relation zu ihrem maximal erzielbaren SPW (37 Items) nur 6,57 % ihrer EWL-Skala, d.h. alle Monatsmittelwerte liegen im untersten Fünfzehntel ihrer EWL-Skala. (Siehe Abb. A-1).

Bezogen auf das Mittel der monatlichen arithmetischen Mittelwerte (SPW 1,85) verläuft die Jahresvariationslinie der arithmetischen Mittelwerte von Januar bis August (Ausnahme Juni) erhöht und von September bis Dezember niedriger. Der Minimalwert (SPW 1,12) wird im

Abb. A-1 "Angst":
 Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte, monatlich für VPgesamt,
 Regressionsgerade



Dezember erzielt. Die auf ihre EWL-Skala bezogene Variationsbreite der monatlichen arithmetischen Mittelwerte der SPWe der "Angst" nimmt mit einem SPW von 1,31 (bzw. einem Anteil von 3,54 % an ihrer EWL-Skala) im Vergleich mit den relativen Variationsbreiten der anderen EWL-N-Bereiche den kleinsten Anteil ihrer EWL-Skala ein. Im Jahresverlauf der monatlichen arithmetischen Mittelwerte der "Angst" zeigt sich insgesamt eine dementsprechend geringe Tendenz zur Abnahme der monatlichen SPW-Höhen. (Siehe Abb. A-1 und Tab. A-1).

Eine weitergehende Interpretation der Jahresvariationslinie würde bei der geringen Bejahung der Adjektive des Bereichs "Angst" zu weit führen.

Der Korrelationskoeffizient der Regressionsgeraden in Abb. A-1 hat den Wert $r = -0,59$. Es läßt sich mit ihm lediglich eine abnehmende Tendenz der mittleren "Angst" über das Jahr abschätzen, da zu seiner Berechnung nur die zwölf Monatsmittelwerte der SPWe der "Angst" benutzt wurden. Ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der monatlichen mittleren "Angst" und der Lage der Monate im Jahr konnte bei einer Wahrscheinlichkeit von 96 % nicht für den in einen z-Wert (z_F) transformierten Korrelationskoeffizienten nachgewiesen werden.

$n = 12$	$r = -0,59$	$z_F = -0,68$	$2 \sigma_z = 0,67$	$z_F < 2 \sigma_z$
----------	-------------	---------------	---------------------	--------------------

Tab. A-1 Monatliche mittlere "Angst" (EWL-Bereich mit 37 Items) für VPgesamt:
 Statistische Beschreibung (SAS-Programm)

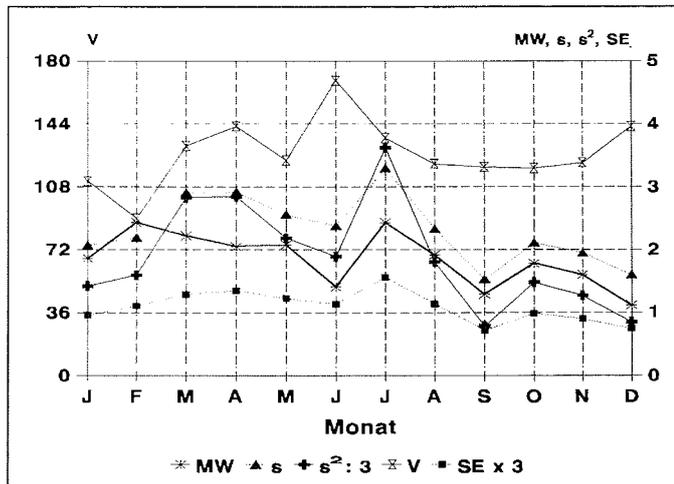
Monat	n	MW	s	Min	Max	SE	Summe	s ²	V
Jan	42	1,86	2,07	0	6	0,32	78	4,27	111,29
Feb	35	2,43	2,19	0	9	0,37	85	4,78	90,04
Mrz	46	2,22	2,91	0	10	0,43	102	8,49	131,37
Apr	42	2,05	2,92	0	11	0,45	86	8,53	142,67
Mai	39	2,08	2,56	0	9	0,41	81	6,55	123,19
Jun	39	1,41	2,38	0	9	0,38	55	5,67	168,84
Jul	40	2,43	3,30	0	11	0,52	97	10,87	135,93
Aug	37	1,92	2,33	0	8	0,38	71	5,41	121,21
Spt	42	1,29	1,53	0	6	0,24	54	2,36	119,37
Okt	40	1,78	2,11	0	8	0,33	71	4,44	118,65
Nov	43	1,60	1,95	0	8	0,30	69	3,82	121,74
Dez	42	1,12	1,60	0	7	0,25	47	2,55	142,60

In Tabelle A-1 sind Daten der beschreibenden Statistik (SAS-Programm) zusammengefaßt. Neben den arithmetischen Mitteln der monatlichen Skalenpunktwerte der "Angst", die schon in Abb. A-1 dargestellt sind, werden Größen genannt, die die Streuungen der Daten in den einzelnen Monaten beschreiben. (Siehe auch Abb. A-2).

Die drei größten arithmetischen Mittelwerte (MW) der SPWe der "Angst" liegen in den Monaten Februar, März und Juli. Die jeweils drei größten Werte der Standardabweichung (s), der Varianz (s²) und des Standardfehlers (SE) sehen wir in den Monaten März, April und Juli. Die drei größten Variabilitätskoeffizienten (V) fallen in die Monate April, Juni und Dezember. Die drei kleinsten arithmetischen Mittel treten im Juni, September und Dezember auf. Standardabweichungen, Varianzen und Standardfehler haben ihre drei kleinsten Werte im September, November und Dezember und die kleinsten Variabilitätskoeffizienten liegen in den Monaten Januar, Februar und Oktober. Diese Verhältnisse führen zu einem Parallelverlauf der Jahreslinienzüge der Größen s, s² und SE in Abb. A-2. Da auch die Jahreslinie der arithmetischen Mittel größtenteils einen parallelen Verlauf zu den drei genannten Größen hat, weicht die Linie der Variabilitätskoeffizienten in den Monaten Januar, Februar, Juni, Juli, August, September und Dezember von einem Parallelverlauf zur Jahresvariationslinie der Standardabweichungen und damit auch der anderen Größen ab.

In Abbildung A-2 werden die Datenreihen der statistischen Größen aus Tabelle A-1 graphisch dargestellt. Ihre Skalen und/oder die Werte ihrer Daten sind zu Vergleichszwecken aufeinander abgestimmt. Auffällig erscheinen in Abb. A-2 insbesondere die Monate Juni und September durch leicht erniedrigte bzw. der Monat Juli durch leicht erhöhte Werte der Linienzüge für die Größen MW, s, s² und SE.

Abb. A-2 "Angst":
Statistische Merkmale, monatlich für VPgesamt



Arithmetische Mittel (MW), Standardabweichungen (s), Varianzen (s²), Variabilitätskoeffizienten (V) und Standardfehler (SE) der Skalenpunktwerte der "Angst", monatlich für VPgesamt, Jahresverläufe; die Skalen der statistischen Größen und/oder ihre Werte wurden einander angepaßt: Wir sehen Parallelverläufe der Linienzüge für die Größen MW, s, s² und SE. Der Jahreslinienzug der Variabilitätskoeffizienten weicht besonders in den Monaten Juni, Juli und September entsprechend dem Einfluß der arithmetischen Mittelwerte von einem Parallelverlauf zu den Linienzügen der anderen Größen ab.

Die monatlich für die einzelnen Meßzeitpunkte gemittelte "Angst"

Die mittleren Skalenpunktwerte der "Angst" für die einzelnen Meßzeitpunkte in den 12 Monaten des Untersuchungszeitraums sind in Abb. A-3 für VPgesamt dargestellt. Jeder Linienzug zeigt die MZP 2 bis 6 (08.00 bis 24.00 Uhr) als monatliches "Angst"-Tagesprofil. Die MZP-1 (04.00 Uhr) wurden nicht aufgeführt, da sie mit nur zwei Angaben im gesamten Untersuchungszeitraum äußerst selten benannt wurden.

Die monatlichen Tagesprofile der "Angst" zeigen teilweise einen u-förmigen Verlauf, der durch eine Rechtsschiefe gekennzeichnet ist. Stärker von der U-Form abweichend entwickeln sich die Tagesprofile der Monate Juni, Juli, August, Oktober, November und Dezember, wobei der Monat Oktober sogar ein umgekehrt u-förmiges Tagesprofil bietet.

Deutlicher wird die u-förmige Tagesentwicklung der mittleren "Angst" in der Darstellung des Tagesprofils des Jahres. (Siehe Abb. A-4). Hier sehen wir den Minimalwert für 16.00 Uhr. Der 08.00 Uhr-Wert entspricht in seiner Höhe dem 24.00 Uhr-Wert, der 12.00 Uhr-Wert dem 20.00 Uhr-Wert.

Abb. A-3 "Angst":
MZP 2 bis 6, VPgesamt, monatlich gemittelt
(monatliche Tagesprofile)

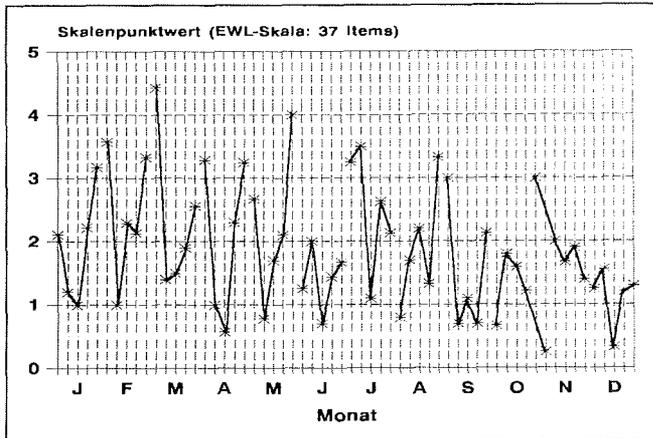
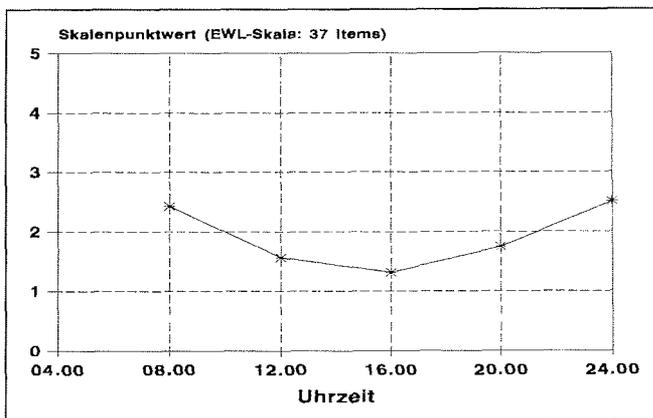


Abb. A-4 "Angst":
MZP 2 bis 6 über Januar bis Dezember für VPgesamt gemittelt
(Tagesprofil über das Jahr)



Der Linienzug in Abb. A-4 kann, da er das mittlere jährliche Tagesprofil des EWL-Bereichs "Angst" darstellt, als Vergleichslinie für die monatlichen Tagesprofile angesehen werden.

Eine Überlegung zu einer Veränderung der Phasenlage der "Angst"-Tagesrhythmik in Abhängigkeit von den Jahreszeiten erübrigt sich wegen der zu geringen Bejahung der Adjektive dieses Bereichs der "Befindlichkeit".

Signifikanzprüfungen der Unterschiede der mittleren "Angst" verschiedener Monatszeiträume

Wie bei den bisher abgehandelten Variablen wurden auch hier zur Klärung der Frage, ob im Laufe des Untersuchungszeitraums signifikante Unterschiede in der Höhe der "Angst" auftraten, drei Vergleichszeiträume festgelegt: Januar bis Mai, Juni bis Oktober und November mit Dezember. Für die Berechnungen der Signifikanzen wurden die Originaldaten herangezogen.

Die Anzahlen der Variablen betragen für die drei Zeiträume $n_1 = 204$, $n_2 = 200$ und $n_3 = 85$. Die arithmetischen Mittel der SPWe der "Angst" dieser drei Zeiträume haben die Werte $x_1 = 2,12$, $x_2 = 1,76$ und $x_3 = 1,73$. Beim Vergleich der drei oben genannten Zeiträume hinsichtlich ihrer mittleren "Angst" findet sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Höhen ihrer mittleren Skalenpunktwerte. (t-Test, siehe Tab. A-2).

Wenn man trotz der für die "Angst" im ganzen Jahr erzielten niedrigen SPWe eine signifikante Erhöhung der "Ängstlichkeit", "Deprimiertheit" oder "Verträumtheit" (Subskalen des EWL-Bereichs "Angst") z.B. im Polarwinter erwartet hat, ist dies hiermit widerlegt.

Tab. A-2 "Angst":
Arithmetische Mittel ihrer Skalenpunktwerte und Anzahl (n) der Variablen, Prüfung der Signifikanzen ihrer Unterschiede in drei benannten Monatszeiträumen (t-Test)

Monatszeiträume	arithm. Mittel (x)	n
Januar-Mai	$x_1 = 2,12$	204
Juni-Oktober	$x_2 = 1,76$	200
November-Dezember	$x_3 = 1,73$	85

Verglichene Zeiträume	Signifikanz
Januar-Mai mit Juni-Oktober	nicht signif.
Juni-Oktober mit November-Dezember	nicht signif.
Januar-Mai mit November-Dezember	nicht signif.

Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren "Angst"

Die in Kapitel 5.2.3.2 für die "LA" gemachten Anmerkungen gelten hier eventuell für die ersten fünf Monate sowie den neunten Monat des Untersuchungszeitraums:
Die monatlichen Mittelwerte der SPWe der "Angst" zur Zeit der MZP 2 und 6 entsprechen (abgesehen vom Monat Januar, in dem der MZP-2 nur den dritthöchsten SPW des Tages

erhält) den jeweils zwei höchsten Tageswerten. Da die MZP 2 und 6 weniger oft frequentiert wurden als die MZP 3, 4 und 5, ist zu vermuten, daß die monatlichen Mittelwerte der "Angst" bei stärkerer Benennung der MZP 2 und 6 in den bezeichneten sechs Monaten höher ausgefallen wären. Für die übrigen sechs Monate läßt sich diese Vermutung so nicht aussprechen. Möglicherweise wäre zu erwarten, daß die Einflüsse der Werte der höher frequentierten MZP 2 und 6 dieser Monate nicht überwiegend eine Erhöhung der Jahresvariationslinie nach sich ziehen würden. (Siehe Abb. A-3).

5.2.3.7 Ein Vergleich der 6 Befindlichkeitsbereiche der EWL-N

Der Ausprägungsgrad eines Befindlichkeitsaspektes läßt sich über seinen "Generalitätsgrad" erschließen: Man nimmt an, daß eine Befindensdimension umso ausgeprägter ist, je mehr Aspekte dieser Dimension für einen Probanden zutreffen. (Janke, Debus 1987; siehe Kapitel 5.2.3.1: *Interpretation der EWL*). In den zu Bereichen zusammengefaßten Subskalen der EWL summieren sich die Skalenpunktwerte der einzelnen Subskalen. Der Ausprägungsgrad der Bereiche ist demnach umso stärker, je mehr Aspekte der zusammengefaßten Subskalen zusammentreffen.

Will man die einzelnen Befindlichkeitsbereiche, die EWL-Skalen mit unterschiedlicher Itemzahl besitzen (siehe Tab. EWL-2), miteinander vergleichen, dann muß man die erzielten Skalenpunktwerte in Relation zur Anzahl der jeweils zugehörigen Itemzahl der EWL-Skala setzen. (Siehe Kapitel 5.2.3.1: *Darstellung der Ergebnisse der EWL-N*).

Abb. EWL-1 Die 6 Bereiche der "Befindlichkeit":
Darstellung der auf die Itemzahlen ihrer EWL-Skalen relativierten mittleren Skalenpunktwerte, monatlich für VPgesamt

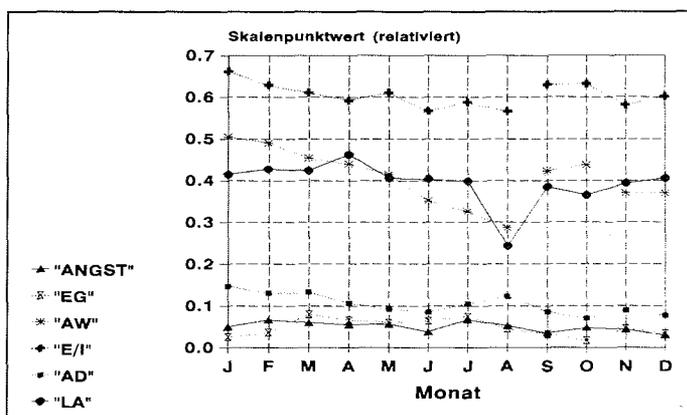
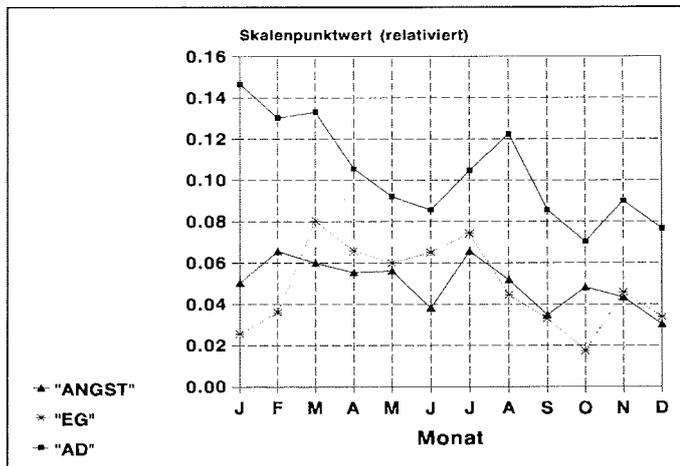


Abb. EWL-2 Die Bereiche "AD", "EG" und "Angst" der "Befindlichkeit" der EWL-N: Darstellung der auf die Itemzahlen ihrer EWL-Skalen relativierten mittleren Skalenpunktwerte, monatlich für VPgesamt



In Abb. EWL-1 werden die 6 Befindlichkeitsbereiche der EWL-N in der beschriebenen Weise in Beziehung zueinander gesetzt.

Der Ausprägungsgrad der Befindlichkeitsbereiche "E/I", "AW" und "LA" entspricht einem mittleren Grad. Dabei ist die "E/I" in der relativierten EWL-Skala um ca. 0,2 Skalenpunktwerte (bzw. 20 % der relativierten EWL-Skala) höher einzuordnen als die knapp unter dem Mittelbereich liegenden Befindlichkeitsbereiche "LA" und "AW". (Siehe Abb. EWL-1 und Abb. AW-1).

Die drei Befindlichkeitsbereiche "AD", "EG" und "Angst" besitzen einen nur geringen Grad ihrer Ausprägung. Während sich die "AD" immerhin noch um die 10%-Marke ihrer relativierten Skala bewegt, liegen die "EG" und die "Angst" durchschnittlich bei nur 5 % ihrer relativierten Skalen. (Siehe Abb. EWL-2).

In der subjektiven Beurteilung ihrer "Befindlichkeit" durch die Gruppe der Probanden überwiegt deutlich die Klasse der "Positiven Befindlichkeit" mit ihren drei Bereichen "Leistungsbezogene Aktivität", "Extraversion/Introversion" und "Allgemeines Wohlbehagen", während die Klasse der "Negativen Befindlichkeit" mit ihren drei Bereichen "Allgemeine Desaktivität", "Emotionale Gereiztheit" und "Angst" eine nur untergeordnete Rolle spielt.

Die "Befindlichkeit" der Probanden war demnach überwiegend durch das optimale Aktivierungsniveau, die lustbetonte Stimmungslage und die soziale Zuwendung der "Positiven Befindlichkeit" ausgezeichnet. (Siehe Kapitel 5.2.3.1: *Die EWL-N als Methode zur Erfassung der "Befindlichkeit"*, Tabelle EWL-1).

Abb. EWL-3 Die Bereiche der "Positiven Befindlichkeit" :
 Relativierte Skalenpunktwerte, gestapelte Darstellung, für VPgesamt

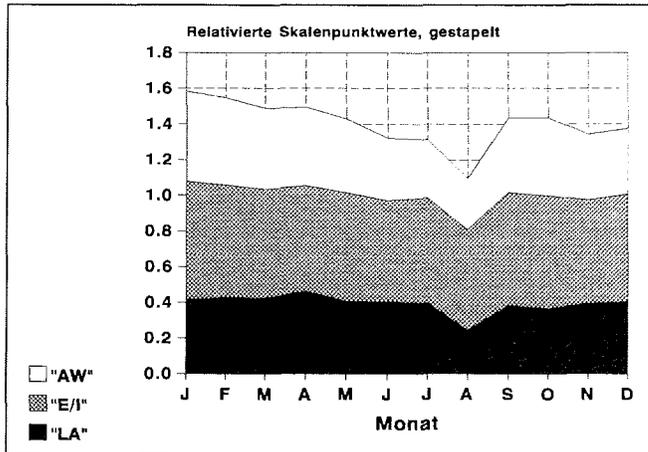
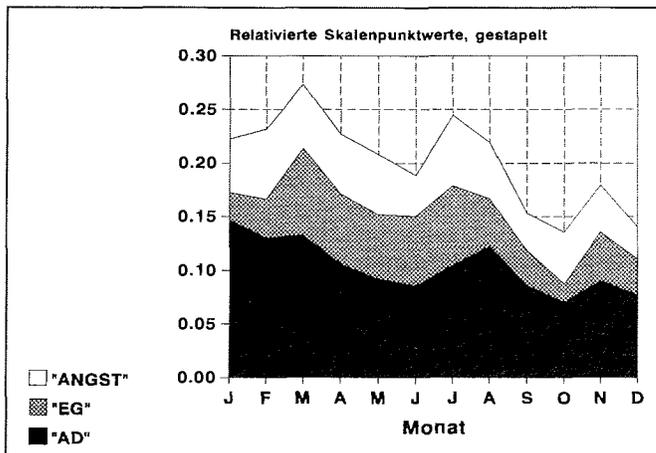


Abb. EWL-4 Die Bereiche der "Negativen Befindlichkeit" :
 Relativierte Skalenpunktwerte, gestapelte Darstellung, für VPgesamt



Die im Winter auftretende Depression der Bereiche der "Positiven Befindlichkeit" mit einer Betonung des Augustwertes (siehe Abb. EWL-3) geht einher mit einer nur unwesentlich stärkeren Einschätzung der "Negativen Befindlichkeit" in den Monaten Juli und August. Leicht erhöhte Einschätzungen der "Negativen Befindlichkeit" sind auch in den Monaten März und November zu sehen. (Siehe Abb. EWL-4).

Die Gruppenakrophasen der mit der Cosinor-Methode untersuchten EWL-Bereiche ("LA",

"AD", "E/I") lagen in der Winterzeit bzw. in der "dunklen Zeit" später als in den übrigen Monaten. (Siehe Kapitel 5.2.3.2, Abb. LA-7; Kapitel 5.2.3.3, Abb. AD-7; Kapitel 5.2.3.4, Abb. E/I-8).

Auch beim "AW" erschienen die Tagesmaximalwerte in der Winterzeit bedeutend später als in den anderen Jahreszeiten. (Siehe Kapitel 5.2.3.5, Tabelle AW-2).

Für die EWL-Bereiche "EG" und "Angst" wurden Überlegungen zur Verschiebung der Phasenlagen ihrer Tagesrhythmik aufgrund der geringen Bejahung ihrer Adjektive unterlassen.

6 Diskussion der Ergebnisse

6.1 Zum möglichen Einfluß der sozialen Isolation und der Tageshelligkeit auf die Circadianrhythmik des Menschen

Es wurde schon angemerkt, daß man sich von der langen sozialen Isolation der Überwinterer in der Antarktis sowie den dort herrschenden klimatischen Bedingungen, insbesondere von der jahreszeitlich unterschiedlichen Tageshelligkeitsdauer Wirkungen auf die Circadianrhythmik der Überwinterer in Form einer jahreszeitlichen Variation versprach.

(Zur sozialen Isolation vergl. die Kapitel 2.1: *Der Aufenthalt in der Antarktis* und: *Die "eigentliche Überwinterung"* sowie Kapitel 2.3: *Belastungen durch die soziale Isolation*; zum Einfluß des Klimas und des Tageslichtes vergl. die Kapitel 2.5: *Belastungen durch das antarktische Klima* und Kapitel 3.3: *Hell-Dunkel-Wechsel mit Licht starker Intensität...*; zur circannualen Rhythmik siehe Kapitel 3.5: *Jahresrhythmen*).

Man konnte erwarten, daß die soziale Isolation während der Zeit der Überwinterung und ein Mangel an Tageslicht zur Zeit der Polarnacht und in den daran angrenzenden Monaten mit nur kurzer Tageshelligkeitsdauer bei den Überwinterern Schlafstörungen und einen Gemütszustand, der durch eine *depressive Stimmungslage und Apathie* ausgezeichnet ist, hervorbringen oder deren Entstehung begünstigen würden. (Edholm, Gunderson 1973; Paterson 1975). *
Besonders für die dunkle Jahreszeit wären Schlafstörungen mit schlechterer Schlafqualitäts-einschätzung (Anderson u.a. 1984) entsprechend einer "Midwinter-Insomnia" zu erwarten. Die Müdigkeitseinschätzung dürfte im Winter im Sinne einer größeren Müdigkeit (bzw. einer geringeren momentanen Aktivität) verändert sein und die Einschätzung der Bereiche der "Positiven Befindlichkeit" der EWL-N ("Leistungsbezogene Aktivität", "Extraversion/Introversion", "Allgemeines Wohlbefinden") würde geringer ausfallen. Für die Bereiche der "Negativen Befindlichkeit" ("Allgemeine Desaktivität", "Emotionale Gereiztheit", "Angst") könnten höhere Bewertungen erwartet werden. (Vergleiche Kapitel 5.2.3.1: *Zur Validität der EWL-N*).

* *Wie wichtig das Sonnenlicht für in der Antarktis überwinterndes Stationspersonal ist, sieht man an der Tatsache, daß der Mittwintertag (der Tag der winterlichen Sonnenwende am 21. Juni) überall in der Antarktis ausgiebig gefeiert wird und daß der erste Tag nach der Polarnacht, an dem die Sonne wieder über dem Horizont zu sehen ist, sehnsüchtig erwartet wird.*

Auch eine nur leichte Ausprägung einer Depression bzw. eine "depressive Verstimmung" würde sich schon in einer Abnahme der Leistungsfähigkeit offenbaren. Die winterliche Abnahme der Leistungsfähigkeit bzw. einer positiven Motivation müßte sich möglicherweise auch in einer Verkürzung der mittleren täglichen Arbeitszeit widerspiegeln.

Für die Körperkerntemperatur wären für die Winterzeit gegenüber dem Sommer reduzierte Höhen zu erwarten.

Die soziale Isolation der Überwinterer würde im Gegensatz zur erwarteten zeitlich begrenzten Beeinflussung während der Monate mit geringer oder fehlender Tageshelligkeit einen linearen Trend über die gesamte Zeit der Untersuchung (d.h. von Januar bis Dezember 1985) in Richtung auf eine depressive Stimmungslage bewirken.

Für die Variablen, die die Leistung und die "Positive Befindlichkeit" betreffen, wäre eine allmähliche Abnahme und für die Variablen der "Negativen Befindlichkeit" sowie für die Müdigkeit eine kontinuierliche Zunahme ihrer Bewertung über das Jahr wahrscheinlich.

Wie wichtig ein Hell-Dunkel-Wechsel von Licht hoher Intensität für die Beeinflussung der menschlichen Circadianrhythmik ist, wurde in einer Anzahl von Untersuchungen mit unterschiedlichen Ansätzen festgestellt. (Vergleiche Kapitel 3.3: *Hell-Dunkel-Wechsel mit Licht starker Intensität und Schlaf-Wach-Zyklen als Zeitgeber für die Circadianrhythmik des Menschen*; Arendt u. Broadway 1986; Czeisler u.a. 1989; Honma u.a. 1987a; Simpson u. Bohlen 1973; Wever 1982, 1985b und 1986; Wever u.a. 1983).

Die Phasenlagen der Circadianrhythmen und die Schlaf-Wach-Zeiten müßten in der dunklen Jahreszeit auf spätere Tageszeiten verschoben sein, da der wichtige morgendliche Tageslichteinfluß fehlte. (Arendt u. Broadway 1986; Broadway u.a. 1987; Czeisler u.a. 1989; Dijk u.a. 1987; Eastman 1990; Honma u.a. 1987b; Lewy u.a. 1984/85; Lewy u.a. 1987/88; Terman u.a. 1988). Besonders die Körpertemperatur, die wegen ihres stabilen Tagesganges als "Referenzvariable" für die physiologischen Rhythmen gelten kann, dürfte hier mit einer Phasenverspätung zum Winter auffallen, da sie bei fehlendem Tageslichtwechsel durch soziale Zeitgeber vermutlich weniger stark als andere Variable beeinflusst wird. (Siehe Kapitel 3.2: *Körperkerntemperatur: die "Referenzvariable" der physiologischen Rhythmen*, Kiesswetter 1988).

Die polare Sommerzeit und Winterzeit bieten eine besondere Möglichkeit zur Beeinflussung der Circadianrhythmik des Menschen durch Licht. Man könnte, wie Simpson u. Bohlen (1973) bei in der Arktis lebenden Eskimos fanden, sowohl für die Winterzeit als auch für die Sommerzeit eine Verzögerung der Temperaturakrophase sowie eine Dämpfung der Temperaturamplitude gegenüber Herbst und Frühling erwarten, da ein Hell-Dunkel-Wechsel mit einer Periode von 24 Stunden während des Polartages ebenso wie in der Polarnacht fehlt. Ein Unterschied

zur Situation in der Antarktis dürfte darin zu sehen sein, daß die Überwinterer in der Antarktis durch die tageslichtlose Station weit weniger dem Licht des Polartages ausgeliefert sein mußten, als es die Eskimos vermutlich waren. Durch Schlaf-Wach-Verhaltensweisen konnten die Überwinterer künstlich einen Hell-Dunkel-Wechsel im 24-Stunden-Rhythmus erzeugen.

In dieselbe Richtung weisen Ergebnisse von Untersuchungen (Czeisler u.a. 1987, 1988), in denen durch mehrfach wiederholte Anwendung von Licht hoher Intensität über mehrere Stunden und Tage eine starke Abflachung der circadianen Amplitude und starke Phasenverschiebungen provoziert wurden. Diese künstlich erzeugte Situation mag den für die Probanden in dieser Untersuchung vorliegenden maßgebenden Lichtverhältnissen des Sommers bis zu einem gewissen Grad entsprochen haben, da die Überwinterer gemäß ihren Aufgaben und Arbeiten in der vom Tageslicht abgeschlossenen Station oder in deren dem Licht des Polartages ausgesetzten Außenbereichen beschäftigt waren. Allerdings kamen in den hier zitierten Untersuchungen (Czeisler u.a. 1987, 1988) außerdem veränderte Schlaf-Wach-Zeitpläne zur Anwendung, die im Stationsalltag keine Entsprechung fanden.

Im Gegensatz zu anderen Autoren fanden Reinberg u.a. (1984) während des arktischen Sommers keine Veränderungen der Circadianrhythmik der Mundtemperatur und anderer Variabler, was durch soziale Zwänge, die als Zeitgeber wirkten, erklärt wurde.

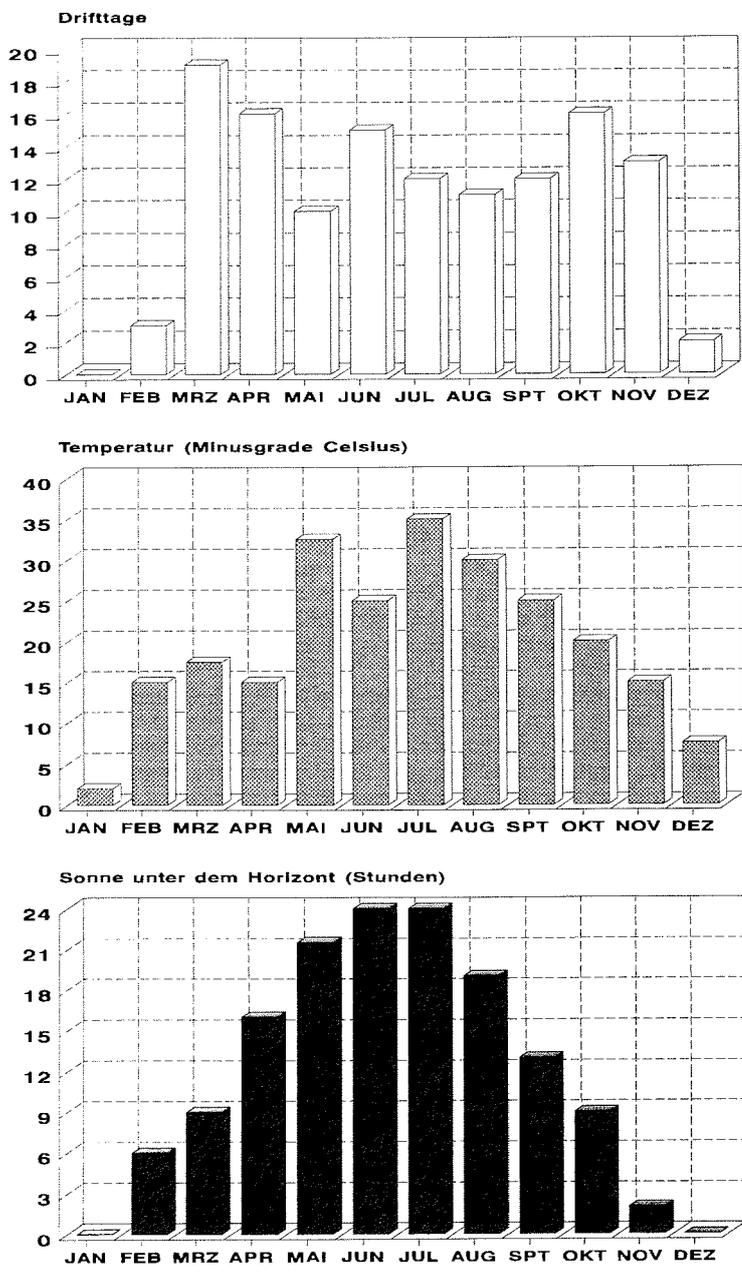
6.2 Die Dauer der für die Überwinterer maßgeblichen "dunklen Zeit"

Die Stationsbeleuchtung mit einer Intensität normaler Zimmerleuchtstärke konnte kein Ersatz für das besonders helle Tageslicht in der Antarktis sein. (Thorington 1985: Raumlicht selten über 500 lux, Tageslicht über 100.000 lux; Arendt, Broadway 1986; Wever 1983). Letztlich bedeuteten daher Zeiten, in denen die Überwinterer gezwungen waren in der Station zu bleiben, nichts anderes als ein Tageslichtdefizit wie zur Zeit der Polarnacht. Da z.B. Driftzeiten über mehrere Tage das Wetter bestimmen konnten, waren solche Zeiten nicht zu vernachlässigen. (Siehe Tab. 2.7: *Driftzeiten*).

Die Zeit der für die Überwinterer maßgeblichen "polaren Dunkelheit" war damit nicht auf die Dauer der Polarnacht begrenzt. Sie erstreckte sich vielmehr auf eine längere Zeit, die durch die klimatischen Bedingungen wie Drift, Sturm und Kälte bestimmt war.

Im "Schlechtwetter-Diagramm" der Abb. 6.1 wurden die Angaben der Überwinterer zu den Lichtverhältnissen und den Wetterbedingungen zur Zeit der monatlichen Meßperioden zusammengeführt. (Siehe Tab. 2.7: *Driftzeiten*, Tab. 2.8: *Außentemperaturen und Wetterlagen* sowie Tab. 2.5: *Sonnenaufgangszeiten, Sonnenuntergangszeiten*). Ins Gewicht fallende monat-

Abb. 6.1 "Schlechtwetter-Diagramm":
Drifftage (nach Tab. 2.7),
Außentemperaturen (in Minusgrad Celsius, nach Tab. 2.8) und
Dunkelheit (Sonne unter dem Horizont, nach Tab. 2.5)
 nach Angaben der Überwinterer, monatlich zur Zeit der Meßperioden



liche Driftzeiten traten von März bis November auf. Die Darstellung belegt, daß die "dunkle Zeit", die vom Sonnenstand her gesehen um den Tag der Sonnenwende (21. Juni) lag (vergleiche Abb. 2.7: *Sonnenstand über dem Horizont*), dadurch mit ihrer Mitte um ca. einen Monat auf Ende Juli verlagert wurde.

Einen weiteren Anhalt für die Wahrnehmung des Tageslichtes findet man in den Aufzeichnungen über die Aufenthaltshäufigkeiten im Freien vor Meßzeitpunkten. (Siehe Tab. 4.5: *Anzahl der "MZPkalt"...*). Die Monate Juli bis September waren besonders niedrig mit Aufhalten im Freien vor MZP belegt, während das 2. und 4. Quartal des Jahres im Vergleich dazu die doppelten Anzahlen der "MZPkalt" vorwies. Der höchste Anteil von Aufhalten im Freien vor MZP fand sich im 1. Quartal. Auch wettermäßig schnitten die 3 letzten Quartale des Jahres gegenüber dem 1. Quartal schlechter ab. (Vergleiche Tab. T-5).

Die Mitte der aus Tabelle 4.5 abgeleiteten "dunklen Zeit" (d.h. der Zeit, in der die Überwinterer gezwungen waren, in der Station zu bleiben) fiel auf den Monat August.

Man darf demnach annehmen, daß deutlichere Anzeichen für eine möglicherweise auftretende helligkeitsabhängige depressive Stimmungslage bzw. Veränderung der Circadianrhythmik der Überwinterer nicht zur Zeit der geringsten Tageshelligkeit um den Monat Juni sondern verschoben erst um die Monate Juli bis August auftraten.

Über diese geophysikalisch-klimatisch bedingte "dunkle Zeit" hinaus waren die Überwinterer entsprechend ihren Beschäftigungen innerhalb oder außerhalb der Station dem Tageslicht nur zeitweise ausgesetzt. Die Zeiten der Tageslichtexpositionen konnten über den Tag verteilt von morgens bis abends und zur Zeit des polaren Sommers auch nachts liegen. Über die Tageslichtexpositionszeiten wurden keine gesonderten Aufzeichnungen gemacht, so daß man für die einzelnen Probanden nur anhand der "MZPkalt"-Wahrnehmungen vermuten kann, wann und wie lange sie dem Tageslichteinfluß unterlagen. Für VP-4 läßt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit ableiten, daß er überdurchschnittlich selten und kurz im Freien war, da anzunehmen ist, daß sein Verhalten bezüglich der Aufenthalte im Freien vor und nach MZP nicht unterschiedlich war. (Siehe Tabelle 4.4: *MZP-Frequentierungen, "MZPkalt"-Frequentierungen...*).

Für die Gruppe der Probanden läßt sich annehmen, daß die Tageslichtexpositionszeiten entsprechend der geringeren MZP-Wahrnehmungen an den MZP-2 (08.00 Uhr) in den vier Quartalen des Jahres und an den MZP-6 (24.00 Uhr) der ersten drei Quartale des Jahres seltener waren als an den MZP 3 bis 5 (12.00, 16.00, 20.00 Uhr). (Siehe Tab. 4.3: *Frequentierung der 6 MZP...*).

Durch die unterschiedlichen Tageszeiten, an denen also Aufenthalte im Freien möglich waren, konnte es zu nicht näher bekannten verschiedenzeitlichen Lichtexpositionen der Probanden kommen. Eine Interpretation der Lichtwirkung auf ihre Circadianrhythmik im Sinne einer Phase-Response-Curve (PRC) wird dadurch unmöglich.

6.3 Prüfung eines möglichen Einflusses durch die soziale Isolation und die Dunkelheit auf die Circadianrhythmik der Überwinterer am Beispiel des "Allgemeinen Wohlbehagens" der EWL-N

Bei der Konstruktion einer hypothetischen Jahresverlaufslinie für eine Variable, die den Einflüssen der sozialen Isolation und der winterlichen und wetterbedingten Dunkelheit unterliegen soll, zeigt sich ein Problem darin, daß man nicht weiß, wie groß die einzelnen Einfluß nehmenden Komponenten in Relation zueinander sein müßten. Außerdem könnte für verschiedene Variable auch die Relation der Wirksamkeit der einzelnen Einflußkomponenten unterschiedlich sein.

Um das Problem der Relevanzeinschätzung der verschiedenen eine Variable beeinflussenden Komponenten zu umgehen, könnte man versuchen, im Jahresverlauf einer oder mehrerer Variabler Hinweise für die Wirksamkeit solcher Komponenten zu finden. Eine Isolation charakteristischer Anteile einer solchen Jahresvariation könnte dann eine Zuordnung zu einzelnen hypothetischen Einflüssen ermöglichen.

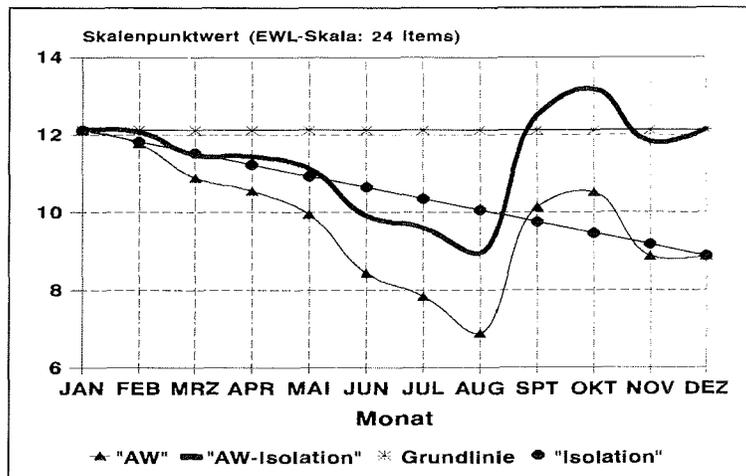
Da Anzeichen für eine unterschiedlich stark ausgeprägte depressive Stimmungslage im Laufe des Untersuchungszeitraums vermutet wurden, eignet sich sicherlich die Jahresvariationslinie des monatlich für VPgesamt gemittelten "Allgemeinen Wohlbehagens", das durch die Subskalen "Stimmung" und "Selbstsicherheit" mit enger Beziehung zur "Extraversion/Introversion" und "Leistungsbezogenen Aktivität" bestimmt wird, gut für eine entsprechende Analyse. (Siehe Abb. AW-2; vergleiche Kapitel 5.2.3.1: *Zur Validität der EWL-N*).

Gemäß den für eine depressive Stimmungslage verantwortlich gemachten hypothetischen Einflüssen (soziale Isolation und Dunkelheit) müßten sich in der Jahresvariationslinie des "AW" einmal ein linearer Trend in Richtung eines geringer beurteilten "AW" über den gesamten Untersuchungszeitraum und zum anderen eine Erniedrigung der "AW"-Bewertung in den "dunklen Monaten" (vergleiche Kapitel 6.2 und Abbildung 6.1: *"Schlechtwetter-Diagramm"*) mit stärkerer Ausprägung um die Monate Juli und August zeigen lassen.

In Abbildung 6.2 wird das monatliche mittlere "Allgemeine Wohlbehagen" für VPgesamt durch die untere, dünnere Kurve dargestellt. Den Anfangs- und Endpunkt dieser Kurve verbindet eine Gerade (Bezeichnung: "Isolation"), die den durch die soziale Isolation bedingten hypothetischen linearen Abfall des "AW" gegenüber einer Grundlinie, die in Höhe des Januarwertes des "AW" verläuft, zeigen soll. Hierbei wird vorausgesetzt, daß der Januarwert des "AW" durch keine Einflüsse reduziert wird und daß der Dezemberwert abgesehen vom Einfluß der sozialen Isolation ebenfalls nicht beeinträchtigt wird.

Die positiven Differenzbeträge der Werte der beiden Geraden über den einzelnen Monaten ergeben zu den monatlichen Werten des "AW" addiert (Grundlinie - "Isolation" + "AW") eine

Abb. 6.2 "Allgemeines Wohlbehagen": monatlich für VPgesamt gemittelt; Aufteilung der Kurve in einen linearen und einen nicht-linearen Anteil entsprechend den hypothetischen Einflüssen der sozialen Isolation und Dunkelheit



hypothetische Kurve für das "AW", die nicht dem Einfluß der sozialen Isolation unterliegen soll.

Die hypothetische Kurve ("AW-Isolation") wird durch die obere, dickere Linie in Abbildung 6.2 dargestellt. Sie läßt sich interpretieren als "AW"-Jahreskurve, die nur abhängig vom Dunkelheitseinfluß der "dunklen Jahreszeit" (Polarnacht und Schlechtwetterperioden: siehe Kapitel 6.2 und Abb. 6.1) eine Reduzierung der Werte für das "AW" erfährt.

In Abbildung 6.3 ist zu sehen, daß sich die um den hypothetischen Anteil der Isolation erhöhte Kurve des gemessenen "AW" (dickere Linie: "AW-Isolation") nicht ganz mit einer Jahresverlaufslinie deckt, die in Anpassung an die Werthöhen des "AW" nur unter Berücksichtigung eines möglichen Einflusses der Dunkelheit und widriger klimatischer Bedingungen (entsprechend Kapitel 6.2 und Abb. 6.1) konstruiert wurde (dünnere Linie: "AW-Wetter"). Die Bereiche, in denen sich die beiden Kurven nicht decken, sind durch eine Schraffur hervorgehoben. Besonders in den Monaten September und Oktober liegen die "AW"-Werte bedeutend höher, als man aufgrund der Überlegungen zum Einfluß der "dunklen Zeit" (weniger Aufenthalte und kürzere Aufenthaltszeiten im Freien bedingt durch Dunkelheit, Drift, Kälte) hätte erwarten können.

Eine Erklärung für diese Diskrepanz mag darin liegen, daß bei den Überwinterern in der Zeit nach der Polarnacht ein regelrechtes Stimmungshoch herrschte. Die gute Stimmung könnte damit zusammengehangen haben, daß das wiedergekehrte Tageslicht und die ansteigenden

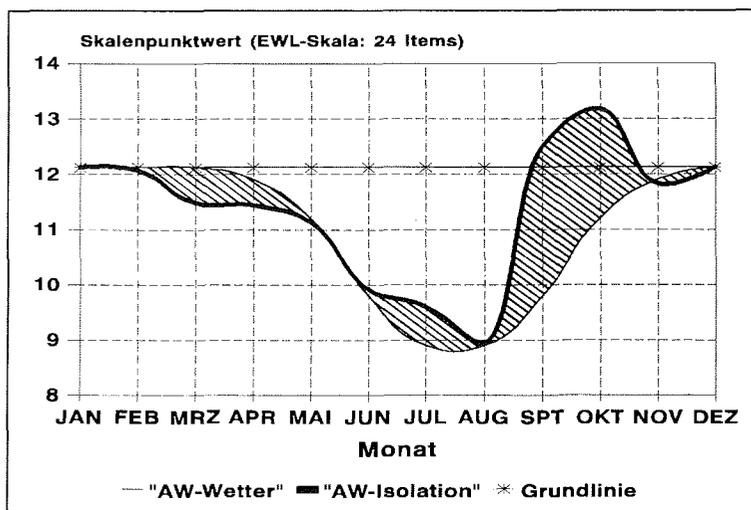
Außentemperaturen Aufenthalte im Freien während der zwar kurzen aber besseren Wetterphasen erträglicher machten und daß nun Exkursionen mit hohem Erlebniswert stattfinden konnten. Eine Äußerung der deutlich gebesserten Stimmung ist auch in einer Zunahme der gemeinsamen abendlichen Geselligkeiten zu sehen. Die Monate September und Oktober fielen in die Phase 3 der Überwinterung, die als zweite Aktivitätsphase bezeichnet wurde.

(Vergl. Kapitel 2.1: Die "eigentliche Überwinterung", Tab. 2.4: Die drei Überwinterungsphasen, Jahreszeiten).

Diese Zeit der vermutlich in erster Linie tageslichtbedingten und zusätzlich durch die fortgeschrittene Zeit der Überwinterung hervorgebrachten Euphorie dürfte dem durch die soziale Isolation über das Jahr bewirkten hypothetischen linearen Trend zu einer depressiven Stimmungslage massiv entgegengewirkt haben.

In den Monaten November und Dezember kam es möglicherweise durch die Vorbereitungen der Station auf die Sommerkampagnenzeit zu einem Anstieg der Beanspruchungen und damit im Vergleich mit den Monaten September und Oktober zu einer Abnahme des "AW".

Abb. 6.3 "Allgemeines Wohlbehagen":
 Kurve ohne hypothetischen Isolationseinfluß und ein nach den Wettereinflüssen zu erwartender Kurvenverlauf



Der Verlauf der Jahresvariation des monatlich gemittelten "AW" läßt sich also mit Hilfe der hypothetischen Einwirkungen der sozialen Isolation und der Dunkelheit hinreichend erklären.

6.4 Vergleichende Betrachtungen der untersuchten Variablen unter besonderer Berücksichtigung eines möglichen Einflusses durch die soziale Isolation und Dunkelheit auf ihre Circadianrhythmik

Auch die Jahresverläufe der übrigen untersuchten Variablen lassen sich - mehr oder weniger gut - durch die Einflußnahme der Faktoren soziale Isolation und Dunkelheit erklären. Die in diesem Kapitel gemachten Äußerungen beziehen sich, soweit keine anderen Hinweise gegeben sind, auf die gesamte Gruppe der Probanden.

Für die monatlich gemittelte Arbeitszeit sahen wir eine signifikante Abnahme zwischen den Zeiträumen Januar bis Juni und Juli bis Oktober. (Siehe Tab. TBS-2 und Abb. TBS-1). Der Zeitraum Juli bis Oktober entsprach in etwa der in Kapitel 6.2 beschriebenen für die Probanden maßgeblichen "dunklen Zeit". Die extrem niedrige Arbeitszeit im Monat August läßt sich durch äußere Umstände erklären, die nichts mit der Dauer der Isolation oder nur indirekt etwas mit der Dunkelheit dieses Monats zu tun hatten. (Vergleiche Kapitel 5.1.3.2: *Schlaflänge*). Sie fiel zusammen mit einer erhöhten mittleren Tagesmüdigkeit. Relativ kurze Tagesarbeitszeiten fanden sich auch in den Monaten September, Oktober und November. Die "Euphoriephase", die zu der höheren Bewertung des "Allgemeinen Wohlbefindens" in den Monaten September und Oktober beigetragen hatte und die auch eine Entsprechung in einer erhöhten Bewertung der "Extraversion/Introversion" dieser Monate fand (siehe Kapitel 6.3; siehe Abb. AW-1 und Abb. EWL-1), scheint keine Erhöhung der Leistung mit sich gebracht zu haben, soweit man das an der Arbeitszeit ablesen kann. Ein Vergleich mit der Müdigkeit (momentanen Aktivität) und mit der "Leistungsbezogenen Aktivität" bestätigt diese Vermutung. Da die Selbstbeurteilung der Aktiviertheit ein guter Indikator für die Wirksamkeit der Leistung ist (Fröberg 1977) und sowohl der Jahresvariationslinienzug der "LA" als auch die Jahresverlaufslinie der Müdigkeit (bei invertierter Müdigkeitsskala: sehr müde = 0, hellwach = 100) dem Jahresverlauf der Arbeitszeiten sehr ähnelt, insbesondere keine erhöhte Bewertung wie das "AW" in den Monaten September und Oktober erfahren (vergleiche Abb. TBS-1, Abb. M-1 und Abb. LA-1), ist anzunehmen, daß die Übergangszeit vom Winter zum Frühling zwar durch eine besonders gute Stimmung jedoch nicht durch eine übermäßige Steigerung der Leistung oder Produktivität ausgezeichnet war. Der Wert der mittleren Arbeitszeit des Monats Dezember, der wieder in der Höhe der Werte des Jahresbeginns lag, läßt sich mit der unmittelbar bevorstehenden Ankunft des "FS Polarstern" und der Vorbereitung der Station auf die Sommerkampagne erklären.

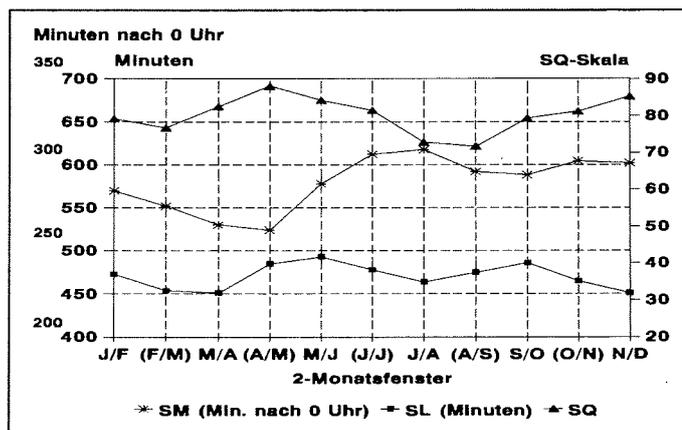
Ein signifikanter Trend zur kürzeren Arbeitszeit im Laufe des Jahres im Sinne eines linearen Prozesses, der durch die soziale Isolation hervorgerufen sein könnte, ist nicht zu finden.

Die mittleren täglichen Arbeitsbeginnzeiten der Monatszeiträume Januar bis Mai und Juni bis Oktober unterschieden sich signifikant. In die Winterzeit fielen erwartungsgemäß die späteren Beginnzeiten. Ein nicht signifikanter Trend zum späteren Arbeitsbeginn im Laufe des Jahres ist zu sehen. (Siehe Tab. TBS-3 und Abb. TBS-2). Die relativ späte Aufnahme der Arbeit in den Monaten Januar und Februar mag mit der Eingewöhnung der Überwinterer und der besonderen Situation in der GVN-Station in der Übergabezeit, der frühe Arbeitsbeginn im Dezember mit der bevorstehenden Ankunft des "FS Polarstern" zusammengehangen haben. (Vergleiche Kapitel 2.1: *Der Aufenthalt in der Antarktis*).

Schlaflänge, Schlafmitte und Schlafqualität sind eng miteinander verbunden. (Vergleiche Anhang 10.4.1, 10.4.2 und 10.4.4). Die Schlaflängen in den drei nach der Dunkelheit und den Wetterbedingungen festgelegten Zeiträumen (Januar bis Mai, Juni bis Oktober, November mit Dezember) fielen nicht signifikant unterschiedlich aus. (Siehe Tab. TBS-6). Ein Trend zum längeren Schlaf im Laufe des Jahres war nicht festzustellen. Die monatlich für VPgesamt gemittelten Schlaflängen hingen sehr von den zum Teil stark variierenden Schlaflängen der einzelnen Probanden ab. VP-2 und VP-1 waren in dieser Beziehung besonders in den Wintermonaten aufgefallen. (Siehe Abb. TBS-4). Erklärungen für die in den Wintermonaten relativ kurz erscheinenden Schlaflängen wurden schon gegeben. (Geburtstagsfeier, Polarlichter; vergleiche die Kapitel 5.1.3.2: *Schlaflänge und Schlafmitte*).

Die Jahresvariationslinienzüge der monatlich und 2-monatlich gemittelten Schlaflängen und der dazugehörigen Schlafmitten zeigen, daß ein Schlaf umso länger dauerte, je früher seine Schlafmitte lag. (Siehe Abb.6.4, Abb.TBS-6 und Anhang 10.4.1). Dieser Befund stimmt mit

Abb. 6.4 Schlaflänge, Schlafmitte, Schlafqualität: monatlich gemittelt für VPgesamt



Ergebnissen von Untersuchungen zu unterschiedlichen Schlafbeginnzeiten in der Schichtarbeitsforschung überein. Allerdings wurden in diesen Untersuchungen die Einflüsse jahreszeitlicher Variationen der Tageshelligkeit nicht berücksichtigt. (Foret, Lantin 1972; Foret, Benoit 1974; Knauth, Rutenfranz 1981). Die beschriebene Abhängigkeit der Schlaflänge von der Schlafmitte ist in der Übergangszeit vom Sommer zum Herbst nicht zu erkennen. Hier trafen relativ kurze Schlaflängen mit relativ frühen Schlafmitten zusammen.

Mit längeren Schlafzeiten waren leicht günstigere Einschätzungen der Schlafqualität verbunden. In den Monaten November und Dezember sehen wir auch bei relativ kurzen Schlaflängen sehr gute Schlafqualitäten. Die Schlafqualität wurde abgesehen vom Augustwert durchgehend gut bewertet. (Siehe Abb. 6.4 und Anhang 10.4.1, 10.4.2).

Signifikante Unterschiede der mittleren Schlafmitten oder der mittleren Schlafqualitäten in den drei entsprechend der Tageshelligkeit und dem Wetter eingeteilten Zeiträumen des Untersuchungszeitraums gab es nicht. Ein leichter, nicht signifikanter Trend zur späteren Schlafmitte über das Jahr wurde gefunden. (Vergleiche Abb. TBS-5, Abb. TBS-7, Tab. TBS-7 und Tab. TBS-8).

Die Erkenntnis, daß Licht am Morgen den Melatoninrhythmus vorverlegen kann, auch wenn Abendlicht verfügbar ist (Arendt und Broadway 1986; Broadway u.a. 1987), und daß Melatonin als Müdigkeitsfaktor gilt (Arendt u.a. 1985), ließe eigentlich für die Sommermonate eine früher liegende Schlafmitte und damit verbunden einen längeren Schlaf erwarten. Wenn man aber annimmt, daß die Überwinterer am Morgen noch geschlafen haben bzw. aus anderen Gründen in der tageslichtlosen Station waren (z.B. Frühstückszeit), mögen sie die für eine Phasenvorverlegung ihrer Circadianrhythmik entscheidende morgendliche Tageslichtexpositionzeit versäumt haben. Die VP 1 und 2 mit ihren zum Teil relativ langen Schlafzeiten in den Monaten Januar und Februar zeigten solche erwarteten auf ihre individuellen Schlafgepflogenheiten bezogenen früheren Schlafmitten. Für sie kann angenommen werden, daß durch Morgenlicht eine entsprechende PRC (Phase-Response-Curve) erzeugt wurde.

Für VP 3, 4 und 5 mit relativ späten Schlafmitten und kürzeren Schlaflängen im Polarsommer ist zu überlegen, inwieweit eine Umstellungsreaktion (wie bei einem Inversionsversuch) wegen des Jahreszeitenwechsels (Nordwinter - Südsommer) einen Einfluß ausüben konnte. Da die Zeit vom Beginn der Anreise bis zur ersten Meßperiode jedoch ca. drei Wochen dauerte, und da zwischen der Ankunft in der Antarktis und der ersten Meßperiode eine Zeit von einer Woche lag, ist das eher unwahrscheinlich. Eine zutreffendere Erklärung mag darin liegen, daß sich diese Probanden aus sozialen bzw. arbeitsbedingten Gründen am Vormittag in der tageslichtlosen Station aufhielten und erst am Nachmittag bis zum späten Abend in den hellen Außenbereichen der Station tätig waren, so daß eine CRP im Sinne früherer Schlafmitte und längeren Schlafs nicht erzeugt werden konnte.

Eine Bestätigung dieser Vermutung ergibt sich bei der Betrachtung der Mundbodentemperatur-Akrophasen des 2-Monatsfensters Januar-Februar für VP-3 und VP-5, die hier äußerst frühe MB-Temp-Akrophasenzeiten (ca. 10.00 und 12.00 Uhr) zeigten. Diese frühen MB-Temp-Akrophasen konnten entstehen, wenn die Probanden während ihrer vormittäglichen Aufenthalte in der geheizten Station relativ hohe MB-Temperaturen entwickelten, die dann durch ihre Tätigkeit am Nachmittag und Abend in der Kälte entscheidend gesenkt wurden. Hierdurch konnte eine Körpertemperaturakrophase am späten Vormittag bis Mittag vorgetäuscht werden. Die Tatsache, daß die hier betrachteten MB-Temp-Tagesschwankungen keiner signifikanten Circadianrhythmik entsprachen, unterstützt die Vermutung, daß die Temperaturrhythmik der VP 3 und 5 im Januar-Februar äußeren Einflüssen erheblich ausgesetzt war.

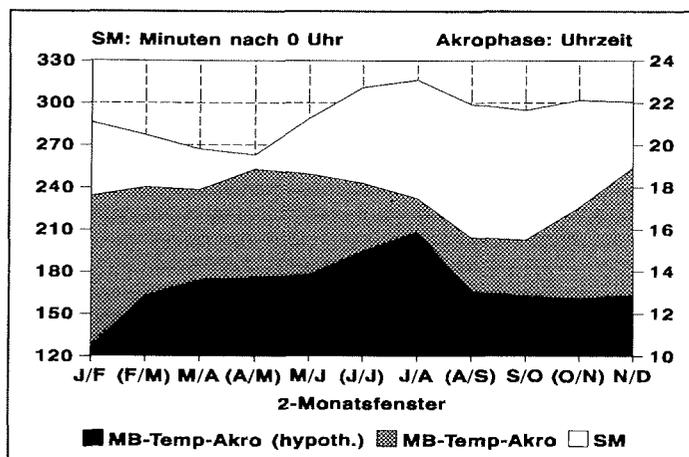
Diese Aussage wird durch die Tatsache untermauert, daß Aufenthalte im Freien die MB-Temperatur nachhaltig beeinflussen und MB-Temp-Akrophasen hervorbringen konnten, die nicht mit den uns unbekanntem (da nicht gemessenen) Akrophasen der Körperkerntemperatur übereinstimmen. (Vergleiche Kapitel 5.2.1: *Die 2-monatliche mittlere Mundbodentemperatur*). Auch die auffällig wenigen signifikanten Circadianrhythmen der MB-Temperatur während des gesamten Untersuchungszeitraums bei den einzelnen Probanden können als Indiz dafür gelten, daß Aufenthalte in der Kälte die Tagesrhythmik der MB-Temperatur, die sich ja leichter als die Körperkerntemperatur beeinflussen läßt, durcheinandergebracht haben. (Aus Gründen des Umfangs wurde auf die Wiedergabe der Daten und Diagramme für die einzelnen Probanden verzichtet.)

In Abbildung 6.5 und Anhang 10.4.12 wird der Zusammenhang zwischen den Akrophasenlagen der MB-Temperatur und den Schlafmitten in 2-Monatsfenstern dargestellt. In der 2. Jahreshälfte ist andeutungsweise ein gleichgerichteter Zusammenhang zwischen den Akrophasenlagen der MB-Temperatur und den Schlafmitten zu erkennen. In der 1. Jahreshälfte entwickeln sich die Verlaufslinien eher invers zueinander. Zu erwarten wäre jedoch eine gleichgerichtete Entwicklung dieser Verläufe über das ganze Jahr. Man kann annehmen, daß die MB-Temperatur in der 2. Jahreshälfte weniger durch Kälteeinwirkungen beeinflusst wurde als in der 1. Jahreshälfte. Tabelle 4.5 (*Anzahl der "MZPkalt", ihre prozentuale Häufigkeit und die mittlere Dauer der Aufenthalte im Freien...*) ist zu entnehmen, daß in der Tat die Häufigkeit der Aufenthalte im Freien vor MZP in den ersten zwei Quartalen des Untersuchungszeitraums größer bzw. deren Dauer länger war als in den letzten zwei Quartalen.

Auch eine Einsicht in Tabelle T-5 (*MB-Temperatur: ...prozentualer Anteil der "MZPkalt" an MZPgesamt...*) bestätigt die Vermutung, daß die über Tag durch Aufenthalte im Freien erniedrigte MB-Temperatur eine später liegende Körpertemperaturakrophase vortäuschen kann. Die in ihr enthaltenen Daten fanden bei der Konstruktion einer hypothetischen Jahresverlaufslinie für die MB-Temperatur-Akrophasen in Abbildung 6.5 Verwendung:

Errechnet man aus den Werten der Tabelle T-5 die mittleren prozentualen Anteile der "MZPkalt" an MZPgesamt für die elf 2-Monatsfenster und verringert man die für die einzelnen 2-Monatsfenster bestimmten Tageszeiten des Auftritts der Akrophasen um eine ihren "MZPkalt"-Anteilen entsprechend große Zeitspanne (siehe Tab. 6.1: *hypoth. MB-Temp-Akro*), dann

Abb. 6.5 MB-Temperatur-Akrophasen, Schlafmitten: für VPgesamt in 2-Monatsfenstern



Tab. 6.1 MB-Temperatur-Akrophasen, "MZPkalt"-, "MZPwarm"-Häufigkeit und hypothetische MB-Temperatur-Akrophasen (der Abbildung 6.5) für 2-Monatsfenster und VPgesamt berechnet

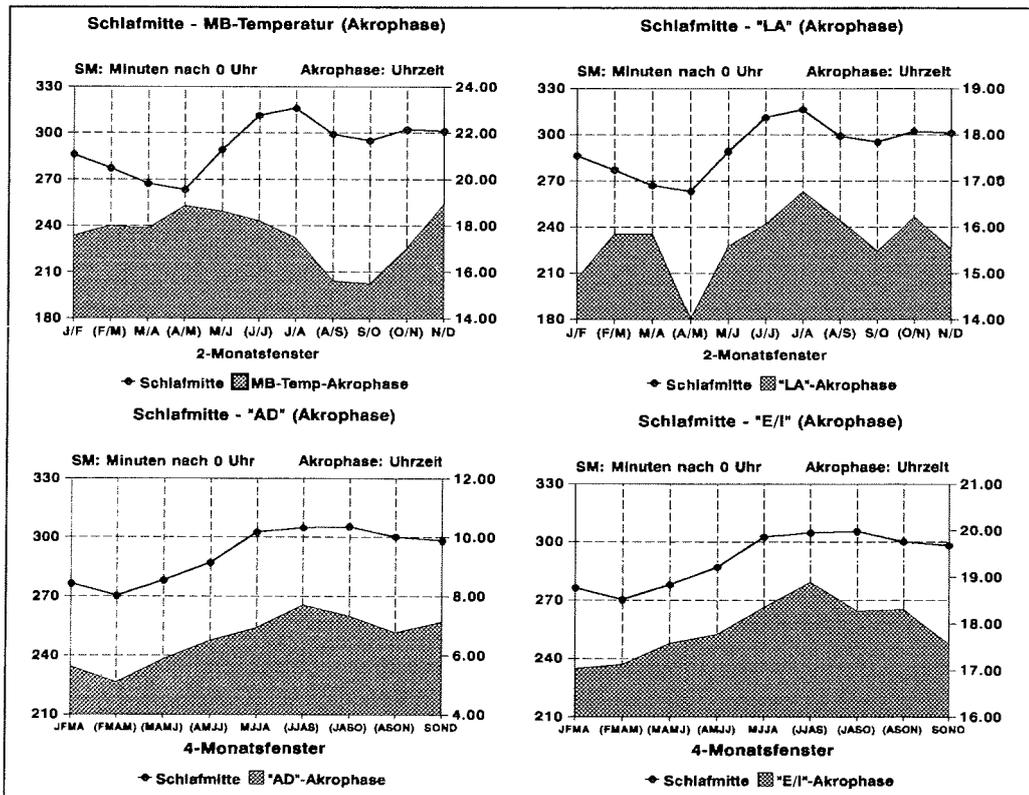
Monatsfenster	MB-Temp-Akrophasen	"MZPkalt" : MZPgesamt	"MZPkalt" in % an MZPgesamt	"MZPwarm" in % an MZPgesamt	hypoth. MB-Temp-Akro.
JF	17,57	32 : 79	40,51	59,49	10,45
[FM]	18,00	24 : 84	28,57	71,43	12,69
MA	17,88	21 : 88	23,86	76,14	13,59
[AM]	18,85	22 : 81	27,16	72,84	13,76
MJ	18,62	20 : 78	25,64	74,36	13,87
[JJ]	18,20	14 : 79	17,72	82,28	14,92
JA	17,48	07 : 77	09,09	90,91	15,82
[AS]	15,62	13 : 79	16,46	83,54	13,12
SO	15,50	14 : 82	17,07	82,93	12,87
[ON]	17,04	21 : 83	25,30	74,70	12,78
ND	18,93	27 : 85	31,76	68,24	12,97

MB-Temp-Akrophasen und hypoth. MB-Temp-Akrophasen: Tageszeit in Dezimalstunden; "MZPkalt", "MZPwarm": MZPe mit vorhergehenden Aufenthalten / ohne vorhergehende Aufenthalte im Freien; hypoth. MB-Temp-Akro = MB-Temp-Akro × %"MZPwarm".

erhält man eine hypothetische Jahresvariationslinie der Mundbodentemperatur-Akrophasen, die eher von der verzögernden Wirkung der Auskühlung der Körperschale auf das Eintreten der Temperatur-Akrophasen unbeeinflusst sein dürfte. Der diesen Überlegungen entsprechend konstruierte hypothetische Temperatur-Akrophasenverlauf in Abb 6.5 (*MB-Temp-Akro [hypoth.]*) zeigt jedenfalls eine deutlich gleichgerichtete Jahresentwicklung zur Jahresvariation der Schlafmitten.

Unberücksichtigt bei dieser Darstellung bleiben die zeitlichen Ausdehnungen der Aufenthalte im Freien, die sicherlich auch Einfluß auf die Auskühlung der Probanden und damit auf die Lagen der Temperatur-Akrophasen hatten. (Siehe Tab. 4.5: *...die mittlere Dauer der Aufenthalte im Freien vor den MZP...in den 4 Quartalen...*). In den vier Quartalen betragen die mittleren Aufenthaltszeiten 25,6, 27,7, 18,9 und 20,9 Minuten (dezimal). Der hypothetische Temperatur-Akrophasenverlauf der Abbildung 6.5 dürfte demnach in der ersten Jahreshälfte in

Abb. 6.6 Ein Vergleich der Schlafmitten mit den Akrophasenlagen der Variablen MB-Temperatur und "LA" (2-Monatsfenster) sowie der Schlafmitten mit den Akrophasenlagen der Variablen "AD" und "E/I" (4-Monatsfenster) für VPgesamt



Relation zur zweiten Jahreshälfte noch zu hoch dargestellt sein. Auch könnte der früh gelegene Wert des hypothetischen MB-Temp-Akrophasenverlaufs für Januar-Februar auf eine spätere Tageszeit fallen, wenn man berücksichtigte, daß die für diesen Zeitraum für VP 3 und 5 äußerst früh gelegenen Maximalwerte ihrer MB-Temp-Tagesschwankungen (siehe oben) vermutlich um mehrere Stunden vor den realen (aber nicht bekannten) Körperkern-temperaturakrophasen lagen.

Ein Vergleich der Schlafmitten mit den Akrophasenlagen der "LA", der "AD" und der "E/I" belegt, daß die Darlegungen zur Akrophasenlage der Körpertemperatur ihre Richtigkeit haben müssen, denn diese Variablen zeigen alle eine an die Lage der Schlafmitten gekoppelte Phasenlagenentwicklung. (Siehe Abb. 6.6).

Die Tageslichtmangelsituation der Winterzeit könnte zu einer Phasenverspätung des Melatoninrhythmus und damit zu später eintretender Müdigkeit (vergleiche Kapitel 5.2.2: *Die monatliche mittlere Müdigkeit zur Zeit der einzelnen Meßzeitpunkte*) und einem späteren Schlafbeginn mit späterer Schlafmitte geführt haben. (Broadway u.a. 1987). Darüberhinaus könnten soziale Zeitgeber wie das Zeitbewußtsein den Schlaf-Wach-Rhythmus bestimmt und die Schlaflänge in Grenzen gehalten haben, da sie im Winter bei fehlendem Tageslichteinfluß an Bedeutung gewinnen. (Siehe Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber* und Kapitel 5.1.2: *Essenszeiten*).

Eine Schlafmitteverspätung war in den Monaten Juni bis August vorhanden. Zusammen mit ihr trat eine Verkürzung der Schlaflänge und im dritten Quartal des Jahres auch eine deutliche Verschiebung des Müdigkeitstagesrhythmus auf eine spätere Tageszeit auf. (S. Abb. TBS-5, Abb. TBS-4, Kapitel 5.2.2: *Die monatliche mittlere Müdigkeit...*, Tab. M-2 und Anhang 10.4.1, 10.4.5). Allerdings wurde die Lage der Schlafmitte wie auch die Schlaflänge von den VP 1 und 2 in besonderem Maße beeinflusst. Die Gründe des zum Teil ungewöhnlichen Schlafverhaltens der Probanden wurden nicht nur durch die jahreszeitlichen Helligkeits- und Wetterbedingungen erklärt. (Siehe Kapitel 5.1.3.2: *Schlaflänge*).

Von der Schlaflage, der Schlaflänge und damit von der Schlafqualität sowie der Müdigkeit dürften die Variablen der "Befindlichkeit" und der Leistung unmittelbar abhängig sein, denn gestörter Schlaf (schlechtere Schlafqualität verbunden mit kürzerem, später gelegenen Schlaf) führt zu eingeschränkter Leistungsfähigkeit und reduziertem Wohlbefinden. (Vergleiche Anhang 10.4.7, 10.4.10 und 10.4.13). Auch die Ausprägung der Tagesrhythmik scheint mit dem Schlaf korreliert zu sein. Dies deutet sich in der Höhe der Amplituden der untersuchten Variablen an. (Siehe Anhang 10.4.8, 10.4.11 und 10.4.14). Ihre Akrophasen hängen bis zu einem gewissen Grad auch vom Schlaf (SL, SM) ab. (Siehe Anhang 10.4.9, 10.4.12, 10.4.15). Einschränkend sei auf die mit der Müdigkeitseinschätzung verbundene Problematik durch die

unterschiedliche MZP-Frequentierung hingewiesen. (Siehe Kapitel 5.2.2: *Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren Müdigkeit*).

Für Schlafgewohnheiten bestehen außerdem Abhängigkeiten zur Körpertemperaturphase. (Czeisler u.a. 1980; Dijk u.a. 1987; Simpson, Bohlen 1973; Wever 1982, 1985b, 1986; Wever u.a. 1983; Zulley u.a. 1981; vergl. Kapitel 3.3: *Hell-Dunkel-Wechsel...*). In der vorliegenden Untersuchung wurde die Interpretation einer Abhängigkeit der Schlafgewohnheiten und der Müdigkeit von der Körpertemperatur durch die kälteabhängigen "Verfälschungen" der Mesorwerte, Amplituden und Akrophasen der MB-Temp erschwert. (Vergl. Anh. 10.4.7, 10.4.15).

Auf die Problematik, die mit der Interpretation der Mundbodentemperatur (MB-Temp) verbunden ist, wurde bereits hingewiesen. Sie ist im Gegensatz zur Körperkerntemperatur durch äußere Einflüsse leichter irritierbar. Das kann zu Interpretationsschwierigkeiten von Meßergebnissen führen, da man z.B. nicht genau weiß, wann genau die Probanden der Kälte ausgesetzt waren. (Vergleiche Kapitel 5.2.1: *Die 2-monatliche mittlere Mundbodentemperatur*). Der relativ niedrige Wert der mittleren Mundbodentemperatur im 2-Monatszeitraum Januar-Februar konnte nach eingehender Überprüfung der Wetterverhältnisse sowie der vom Wetter abhängigen Aufenthalte der Probanden im Freien zu den Zeiten der Meßperioden dadurch erklärt werden, daß das gute Wetter in diesem Zeitraum eine höhere Zahl von Kälteexpositionen mit sich gebracht hatte. Die gegenüber den angrenzenden Monatsfenstern im Zeitraum Juli-August erhöhte MB-Temp (siehe Abb. T-5) wurde damit erklärt, daß in diesen beiden Monaten weniger Kälteexpositionen stattfanden. Auch andere Gründe wie Schlafverschiebung und Schlafdeprivation mit folgender Körpertemperaturanhebung wurden zur möglichen Erklärung angeführt. (Aschoff 1960, 1981b; Kiesswetter u.a. 1981). Doch scheinen diese Gründe eine zumindest untergeordnete Rolle gespielt zu haben, wie ein Vergleich der Temperaturjahresvariationen und der Schlafmitten der einzelnen Probanden deutlich macht. Die nötigen Übereinstimmungen sind nicht bei jedem Probanden zu finden. In die übrigen 2-Monatsfenster fielen jeweils ein Monat mit besserem und ein Monat mit schlechterem Wetter, so daß sich für die 2-Monatsmittelwerte der MB-Temperatur eine Jahresvariation auf mittlerem Niveau ergeben konnte, die in ihrem Verlauf die (höher liegende) Jahresvariation der uns unbekannteren Körperkerntemperatur angedeutet haben muß.

Die MB-Temp zeigte in 2-Monatsfenstern gemittelt (arithmetische Mittel und Mesoren: siehe Abb. T-5, Abb. T-6) einen Jahresverlauf mit leicht niedrigerem Wert im Januar-Februar, höheren Werten für das Sommerende und den Herbst, niedrigeren Winterwerten mit positiver Zacke im Juli-August und wieder höheren Werten im Frühling. In den nach Helligkeit und Wetter eingeteilten drei Monatszeiträumen des Untersuchungszeitraums fanden sich allerdings keine signifikanten Unterschiede der mittleren MB-Temperaturen. Ein Trend zu niedrigerer Temperatur über das Jahr war nicht zu erkennen.

Stabilere Circadianrhythmik der MB-Temp lag eindeutig in der Zeit vor, in der unregelmäßig über den Tag verstreute Kälteeinflüsse auf die Probanden eine geringere Rolle spielten, weil sie wegen ungünstigerer Wetter- oder Helligkeitsbedingungen seltener außerhalb der Station waren. Ein MB-Temperatur-Tagesrhythmus konnte sich also nur dann ungestört ausbilden, wenn die Probanden in der gleichmäßig temperierten Station blieben. Niedrigere Amplituden kennzeichneten für den Sommer und Herbst (Januar-Februar bis Mai-Juni) eine labilere Circadianrhythmik und für den Winter bzw. die "dunkle Zeit" (Juni-Juli bis September-Oktober) zeigten höhere Amplituden eine stabilere Circadianrhythmik der MB-Temp an. In den Monaten November und Dezember mit wieder mehr Aufenthalten im Freien war die Circadianrhythmik erneut labiler, d.h. durch kleinere Amplituden gekennzeichnet. (Vergleiche Tab. T-5; siehe Abb. T-7).

Die Akrophasen (Abb. T-8) unterlagen ebenso dem Einfluß der Aufenthalte in der Kälte und traten um so später auf je häufiger und später am Tage diese Kälteexpositionen stattfanden. Die Probanden, die hauptsächlich über Tag im Freien waren, erreichten demnach ihre höchsten Mundbodentemperaturen erst nach einer Zeit der Aufwärmung zu individuell unterschiedlichen Tageszeiten, die aber jedenfalls später als ihre Körperkerntemperaturakrophasen lagen. Als Ausnahme wurden die früh gelegenen MB-Temp-Akrophasen der VP 3 und 5 genannt, die im Januar-Februar erst am Nachmittag den kalten Lufttemperaturen ausgesetzt waren. Außerdem spielte wie für die Amplituden der Einfluß des Tageslichtes eine große Rolle.

Die späte Akrophasenlage der MB-Temp in der "dunklen Zeit" dürfte den von Bohlen und Simpson (1973) für die Zeiten der Sonnenwenden gefundenen spät liegenden Temperaturakrophasen am ehesten entsprochen haben. Hier unterlagen die Probanden dem Einfluß der Dunkelheit und sie waren relativ selten in der Kälte. Im Sommer konnten sich die Probanden der 24-stündigen Helligkeit entziehen, indem sie zum Schlaf die tageslichtlose Station aufsuchten. Eine früher liegende Akrophase als von Bohlen und Simpson für Eskimos gefunden wäre das Resultat gewesen. Daß dies in dieser Form nicht so eingetreten ist, lag an dem Kälteeinfluß, der die MB-Temp-Akrophasen auf Grund häufigerer Aufenthalte im Freien wiederum auf spätere Tageszeiten verschob. Ebenso gilt dies für den Herbst. Hier wären nach Bohlen und Simpson (wie für den Frühling) früher liegende Temperaturakrophasen zu erwarten gewesen. Aufenthalte in der Kälte konnten auch hier über die Messung der MB-Temp eine später liegende Akrophasenlage der Körpertemperatur vortäuschen. Daraus resultierte eine bis zum Zeitraum Juli-August eher gleichmäßig späte Akrophasenlage der MB-Temp. Erst zum Ende des Winters erschienen die MB-Temp-Höchstwerte früher am Tage. In dieser Zeit trafen mit dem wiedergekehrten Tageslicht relativ wenig Aufenthalte im Freien zusammen. Die durch den Lichteinfluß früher als im Winter liegende Körpertemperaturphase wurde durch Kälteexpositionen nicht so sehr verfälscht. Zum Ende des Frühlings verspätete sich die Akrophase erneut wegen der Zunahme der Aufenthalte im Freien. (Vergl. Kapitel 3.3: *Hell-Dunkel-Wechsel...*).

Versuchte man die Temperaturakrophasen ohne den Einfluß der Kälte unter Berücksichtigung der Möglichkeit, im Polarsommer Hell-Dunkel-Wechsel durch Schlaf-Wach-Zeitpläne zu erzeugen, darzustellen, müßte unterschiedlich zum hypothetischen Akrophasenverlauf in Abbildung 6.5, der sich an den gemessenen MB-Temp-Akrophasen orientierte, eine Jahresverlaufslinie der Temperaturakrophasen entstehen, die nur in der "dunklen Zeit" später liegt.

Die durch die Bestimmung der MB-Temp vorgetäuschten Körpertemperaturakrophasen wären demnach besonders im Sommer, im Herbst und weniger im Frühling zu spät aufgetreten.

Auch für die unterschiedlichen Höhen der Streuungen (siehe Tab. T-2; siehe Abb. T-2 und Abb. T-3) findet sich mit den Kälteeinwirkungen eine plausible Erklärung:

Wenn die Probanden bei schlechtem Wetter in der Station blieben, waren neben erhöhten Mittelwerten die Streuungen kleiner, da die Probanden gleichmäßigen Temperatureinflüssen unterlagen. Anders war das, wenn die Möglichkeit bestand, nach draußen zu gehen. Größere Streuungen beruhten offensichtlich auf verschiedenen langen bzw. häufigen Kälteexpositionzeiten, durch die die MB-Temperaturwerte natürlich mehr oder weniger stark beeinflusst wurden. Eine Ausnahme ist für den Monat Februar zu sehen, in dem ein hoher Anteil an Kälteexpositionen (siehe Tab. T-5) eine kleine Streuung bei relativ niedriger mittlerer MB-Temperatur hervorbrachte.

Die MB-Temperatur, die unter Laborbedingungen oder in gemäßigttem Klima eine ausreichend genaue Darstellung der Körpertemperatur erlaubt, war in der hier vorliegenden Untersuchung unter Feldbedingungen dazu nicht geeignet, da sie durch Kälteeinwirkungen stärker als erwartet beeinflusst wurde. Der Vorteil der mit der MB-Temp-Bestimmung gegenüber der rektalen Temperaturmessung verbundenen größeren Akzeptanz kann den genannten Nachteil nicht aufheben.

Nach Rutenfranz u.a. (1972) besteht keine direkte Beziehung zwischen der Körpertemperaturhöhe und absoluter Leistungshöhe. Die in der vorliegenden Untersuchung aufgetretenen Schwierigkeiten in der Interpretation der Ergebnisse der MB-Temperatur durch Kälteeinwirkungen sowie der MB-Temperatur und der anderen Variablen durch unterschiedliche MZP-Frequentierungen (vergl. die Kapitel 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3.2, 5.2.3.3 und 5.2.3.4: *Zur Aussagekraft der monatlichen mittleren MB-Temp, Müdigkeit, "LA", "AD" und "E/T"*) machen einen Vergleich der Cosinor-Schätzgrößen der MB-Temperatur mit den Cosinor-Schätzgrößen der anderen mit der Cosinor-Methode untersuchten Variablen äußerst schwierig wenn nicht unmöglich. (Siehe Anhang 10.4.16 bis 10.4.18).

Die Müdigkeit fiel durch eine kontinuierliche leichte Abnahme ihrer monatlichen arithmetischen Mittelwerte über das Jahr auf. Die ins Auge fallende Müdigkeitszunahme im Monat August wurde durch eine größere Müdigkeit bei fast allen Probanden einhergehend mit Verschiebung

gen des Schlafs (der Schlafmitte) sowie Schlafverkürzung erklärt.

In den eingeteilten Jahresabschnitten Januar-Mai, Juni-Oktober und November-Dezember ließen sich keine signifikanten Unterschiede der mittleren Müdigkeiten feststellen. Hätte eine depressive Stimmungslage in der Winterzeit Bedeutung für die Probanden erlangt, so wären die Werte der Müdigkeit sicher höher ausgefallen.

Bei einer ausgeglicheneren Meßzeitpunktswahrnehmung der einzelnen Meßzeitpunkte hätte man für die Winterzeit allerdings höhere Müdigkeitswerte erwarten können. (Vergleiche Kapitel 4.2: *Methodische Probleme bei der Datenerhebung 1: Frequentierung der MZP*; siehe Kapitel 5.2.2: *Zur Aussagekraft der Höhe der monatlichen mittleren Müdigkeit*).

Die mittlere Phase des Müdigkeitstagesrhythmus wurde vom Sommer zum Winter auf eine um 4 Stunden spätere Tageszeit verschoben. (Vergleiche Kapitel 5.2.2: *Die monatliche mittlere Müdigkeit zur Zeit der einzelnen MZP*).

Bei der "Leistungsbezogenen Aktivität" sahen wir eine Jahresvariation ihrer monatlichen arithmetischen Mittel, die sehr dem Jahreslinienzug der täglichen Arbeitszeit ähnelte. Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen der Beurteilung der "LA" in den Zeiträumen Januar-Mai und Juni-Oktober mit niedrigerer "LA" im Winter. Der angedeutete Trend zur geringeren "LA" über das Jahr war nicht signifikant. (Siehe Abb. LA-1, Tab. LA-2).

Die Darstellung der Gruppenmesoren betonte eine winterliche niedrigere Beurteilung der "LA". Niedrigere "LA" war mit stabilerer Circadianrhythmik verbunden. Die "LA"-Akrophasen lagen zur Übergangszeit Herbst-Winter um 55 Minuten später als zur Zeit des Übergangs vom Sommer auf den Herbst. (Siehe Abb. LA-5, Abb. LA-6, Abb. LA-7). Es besteht eine Koppelung der "LA"-Akrophasen an die Lagen der Schlafmitten. (Siehe Abb. 6.6).

Bei der "Allgemeinen Desaktivität" paßte der Augustwert mit erhöhter mittlerer "AD" (arithmetisches Mittel) zu den Augustwerten der anderen Variablen. (Siehe Abb. AD-1). Ein signifikanter Unterschied in der Höhe der mittleren "AD" bestand zwischen den Monaten Januar bis Mai und November bis Dezember. Der Wert der letzten zwei Monate fiel sehr niedrig aus. (Siehe Tab. AD-2). Bei den Gruppenmesorwerten fiel eher der 4-Monatszeitraum April bis Juli mit erniedrigter "AD" auf. (Abb. AD-5). Der hohe mittlere Wert des Monats August führte zu einer höheren Wertigkeit des 5. bis 8. 4-Monatsfensterwertes. Die Gruppenamplituden zeigten nur für den Jahresbeginn eine stabile Circadianrhythmik. (Abb. AD-6). Die Gruppenakrophasen entstammten im Winter destabilisierten Tagesrhythmen und lagen im Winter deutlich später als im Sommer. (Abb. AD-7).

Aufgrund der bestehenden engen Korrelationen zwischen Subskalen der "Extraversion/Introversion" und des "Allgemeinen Wohlbehagens" waren die Jahresvariationen der monatlichen

arithmetischen Mittel dieser Bereiche der "Befindlichkeit" einander sehr ähnlich. (Vergleiche Kapitel 5.2.3.1: *Zur Validität der EWL*). Insbesondere sahen wir bei der "E/I" auch die erhöhte Beurteilung in den Monaten September und Oktober wie bei dem "AW". Die erhöhten Werte des "AW" dieser Monate wurden mit einer für diese Zeit euphorischen Stimmungslage bei den Überwinterern erklärt. (Vergleiche Kapitel 6.3). Eine geringere Einschätzung der "E/I" in der dunklen Jahreszeit war ebenfalls vorhanden. (Siehe Abb. E/I-1). Signifikante Unterschiede in der Höhe der "E/I" wurden für den Verlauf des Jahres nicht nachgewiesen. (Tab. E/I-2). Hingegen kam es bei dem "AW" zwischen den Monaten Januar-Mai und Juni-Oktober sowie Januar-Mai und November-Dezember zu deutlichen signifikanten Abnahmen seiner Werte. (Tab. AW-3). Einen nicht signifikanten Trend zu niedrigeren Beurteilungen der "E/I" wie auch des "AW" im Laufe des Jahres konnte man annehmen.

Die Gruppenmesorwerte erfaßten die höhere Bewertung der "E/I" durch die arithmetischen Mittel in den Monaten September und Oktober nicht. (Abb. E/I-5). Die Gruppenamplituden wurden im Laufe des Jahres gedämpft und die Gruppenakrophasen zeigten eine deutliche Verspätung für den Winter. Sie lagen im Winter um 1 Stunde und 51 Minuten später als im Sommer. (Abb. E/I-6, Abb. E/I-8). Zur Schlafmitte bestanden klare Verbindungen, wie man an der Lage der Akrophasen sehen konnte. (Abb. 6.6).

Beim "AW" konnte eine Verschiebung der Phase seiner Tagesschwankung zu später liegenden Maximalwerten im Winter gezeigt werden. (Siehe Tab. AW-2).

Die Jahresvariation der monatlichen arithmetischen Mittel der "Emotionalen Gereiztheit" zeigte ein erhöhtes Plateau für die Zeit von März bis Juli sowie eine leichtere Erhöhung in den Monaten November und Dezember. (Siehe Abb. EG-1). Die niedrige Bejahung ihrer Adjektive machte eine Interpretation schwierig. Da das erhöhte Plateau der Jahresvariation mit der ersten Aktivitätsphase der Überwinterung und die erhöhten Werte der Monate November und Dezember mit der Vorbereitungszeit der Station auf die Sommerzeit zusammenfielen, sieht es so aus als ob Zeiten erhöhter Aktivität mit Streß und Gereiztheit einhergingen. Ein Anstieg der "EG"-Beurteilung entsprechend der Dauer der sozialen Isolation oder in der "dunklen Zeit" war nicht zu finden. Signifikante Unterschiede der "EG"-Bewertungen während des Untersuchungszeitraums bestanden nicht. (Siehe Tab. EG-2).

Bei der "Angst" der EWL-N waren ebenfalls keine signifikanten Unterschiede für die mittleren "Ängste" im Laufe des Untersuchungszeitraums nachgewiesen. (Tab. A-2). Die Bejahung ihrer Adjektive lag ebenso niedrig wie bei der "EG". Eine leichte Erhöhung ihrer Beurteilung (arithmetisches Mittel) konnte für den Monat Juli gesehen werden. (Siehe Abb. A-1).

Signifikante lineare Veränderungen der Jahresvariationen der in dieser Untersuchung behandelten Variablen im Sinne einer Entwicklung einer depressiven Stimmung, die möglicherweise

durch die soziale Isolation bedingt sein konnte, wurden also im keinem Fall nachgewiesen. Wieweit bei der Arbeitszeit ein leichter Trend zur Abnahme der monatlichen Arbeitszeit und zu späterem Arbeitsbeginn als Anzeichen für eine psychische Belastung gesehen werden kann, erscheint eher fraglich. Die "LA" und die mit ihr korrelierten EWL-Bereiche "E/I" und "AW" zeigten ebenfalls eine leichte Abnahme ihrer Einschätzungen über das Jahr. Bei der Müdigkeit konnte jedoch ebenso wie bei der "AD" und der "Angst" ein leichter Trend zur Abnahme der Einschätzung gefunden werden. Diese Ergebnisse sprechen nicht für die Entwicklung einer depressiven Grundstimmung. Ebenso wurde bei der "EG" kein Trend zur Zunahme der Beurteilung erkannt. Die EWL-Bereiche der "Negativen Befindlichkeit" ("AD", "EG" und "Angst") fielen außerdem durch geringe Bejahungen ihrer Adjektive auf. Auch das spricht gegen eine größere Bedeutung einer depressiven Stimmungslage bei den Probanden.

Zur Klärung der Frage, ob in der "dunklen Zeit" signifikante Unterschiede der Werte der Variablen gegenüber dem Jahresbeginn und dem Jahresende bestanden, wurde der Untersuchungszeitraum in drei Zeiträume entsprechend der Tageshelligkeit und den Wetterbedingungen eingeteilt. Signifikante Veränderungen im Sinne einer durch Dunkelheit beeinflussten Winterauffälligkeit waren bei der Arbeitszeit, dem Arbeitsbeginn, der "LA" und dem "AW" zu sehen. Darüber hinaus bestanden subjektiv festzustellende Winterveränderungen bei der MB-Temperatur und der "E/I". Veränderungen im Bereich einzelner Monate (Juli-August oder nur August) traten bei der Schlafqualität, der Müdigkeit, der "AD" und der "Angst" auf.

Phasenverschiebungen im Sinne einer Phasenverspätung in der "dunklen Zeit" konnten für die Schlafmitte, die MB-Temperatur (mit Einschränkung), die Müdigkeit, die "LA", die "E/I", das "AW" und die "AD" gesehen werden. Bei der "EG" und der "Angst" lagen für eine klare Aussage zu wenig Bejahungen ihrer Adjektive vor.

Zur Beurteilung der Frage, ob es in der "dunklen Zeit" eine Freilaufsituation der Circadianrhythmik gegeben haben kann, sind von der MB-Temperatur keine wesentlichen Erkenntnisse zu erwarten, da ihre Akrophasenlagen nicht denen der Körperkerntemperatur entsprachen.

Bei den einzelnen Probanden fallen die Akrophasenlagen der Variablen der VP-4 auf, der zum Teil sehr große Zeitverschiebe zwischen den Akrophasenlagen seiner Circadianrhythmen in den einzelnen Monaten zeigte. Bei VP-4 würde zur Möglichkeit der Entstehung einer Freilaufsituation seiner Circadianrhythmik auch passen, daß er sich in den Wintermonaten sehr zurückzog, so daß die sozialen Zeitgeber, die durch das gruppenorientierte Verhalten erzeugt wurden (siehe Kap. 5.1.2: *Essenszeiten*) und bei den anderen Probanden einen klaren 24-Stunden-Tag mitbestimmen konnten, bei ihm nicht so wirken mußten. An seinen Schlafzeiten erkennt man jedoch, daß auch bei ihm ein klares Schlaf-Wach-Verhalten über das ganze Jahr bestand. Die Entstehung einer Freilaufsituation seiner Circadianrhythmik wäre demnach unwahrscheinlich,

da das Schlaf-Wach-Verhalten die Circadianrhythmik bestimmt, wenn stärkere Zeitgeber (Hell-Dunkel-Wechsel mit Licht hoher Intensität) nicht vorhanden sind. (Wever 1990; vergleiche Kapitel 3.3: *Die Zeitgeber*; siehe Anhang 10.3: *Time-Budget-Studien*).

Bei VP 1 und 2 scheinen die sozialen Zeitgeber auf das Schlaf-Wach-Verhalten einen geringeren Einfluß als bei den VP 3, 4 und 5 gehabt zu haben. Man erkennt das deutlich in den Aufzeichnungen der Time-Budget-Studien (siehe Anhang 10.3), die für VP 1 und 2 in den Wintermonaten spätere Schlafzeiten und für VP-2 auch später liegende Arbeitszeiten belegen, während sich die Schlafzeiten der VP 3, 4 und 5 im Winter weniger deutlich auf spätere Tageszeiten verschoben.

Eine Aussage zu einer circannualen Rhythmik des Menschen, die über eine Benennung der jahreszeitlichen Variationen der Circadianrhythmen hinausgeht, kann und sollte die vorliegende Untersuchung nicht liefern, denn eine zum Nachweis endogener Jahresrhythmik notwendige Ausschaltung von "Jahreszeitgebern" ist natürlich nicht statthaft (Knauth u.a. 1981; siehe Kapitel 3.5: *Jahresrhythmen*) und wäre unter den Bedingungen des Aufenthaltes der Überwinterer in der Antarktis auch garnicht möglich gewesen.

Die Jahresvariationen der circadianen Rhythmen der hier untersuchten Variablen könnten allerdings Ausdruck einer bestehenden endogenen Jahresrhythmik sein. Man bedenke jedoch, daß zum Beispiel durch die geophysikalisch-klimatischen Bedingungen in der Antarktis wie durch die jahreszeitlich unterschiedlichen Tageshelligkeitsverhältnisse oder Außentemperaturen eine circannuale Rhythmik hervorgebracht und damit eine endogene Jahresrhythmik vorgetäuscht werden konnte, zumal wetterbedingte Aufenthalte in der tageslichtlosen Station in der Lage waren, die "dunkle Zeit" deutlich zu verlängern. Auch der Sprung vom Nordwinter zum Südsommer führte nicht zu einer Situation, die klar als Folge eines durch einen Wechsel der Jahreszeiten hervorgerufenen Entrainments interpretiert werden konnte, so daß man daraus auf die Existenz einer bestehenden Jahresrhythmik hätte schließen können.

Ferner war der Jahreszyklus durch die Begrenzung der Untersuchung auf zwölf Monate nicht geschlossen. Eine verbindliche Aussage zur Jahresrhythmik bleibt damit problematisch. (Vergleiche Kapitel 3.5: *Jahresrhythmen*).

Die vorliegende Untersuchung sollte eine Einschätzung ermöglichen, wie stark die unterschiedlichen Tageslichtverhältnisse in der Antarktis ihre Wirkung auf die Circadianrhythmik des Menschen im Laufe eines Jahres bemerkbar machen. Ferner sollte untersucht werden, ob durch die soziale Isolation unter antarktischen Lebensbedingungen eine Belastung hervorgerufen wird, durch die das Verhalten des Menschen beeinflusst wird.

Probanden waren fünf Überwinterer der am Rande Antarktikas gelegenen Georg-von-Neumayer-Station, einer Forschungsstation der Bundesrepublik Deutschland.

Daten zum Arbeits- und Schlafverhalten wurden in Form einer Time-Budget-Studie und Daten zur Circadianrhythmik der Körpertemperatur, Müdigkeit und "Befindlichkeit" nach der Eigenschaftswörterliste EWL-N (Janke, Debus 1978) in Form von Tagesprofilen erhoben.

Erwartet wurden insbesondere Phasenverspätungen der Circadianrhythmen in der Zeit der Polarnacht und eine Entwicklung hin zu einer depressiven Stimmungslage bedingt durch die soziale Isolation der Überwinterer, die möglicherweise in der polaren Winterzeit im Sinne einer Winterdepression (saisonal affektive Depression) verstärkt zum Tragen kommen konnte.

Der in Hinsicht auf die Entstehung einer depressiven Stimmungslage hypothetische Einfluß der sozialen Isolation ließ sich zwar bei einigen der untersuchten Variablen annehmen, jedoch sprachen die Ergebnisse nicht dafür, daß durch die soziale Isolation ein für die Probanden wesentlicher Trend in Richtung auf eine depressive Stimmungslage über das ganze Jahr in Gang gesetzt worden wäre. Ein Grund hierfür mag darin zu sehen sein, daß sich das Leben in der Station im Laufe der Zeit zunehmend nach innen kehrte und daß soziale Kontakte, die aus der Zeit vor der Überwinterung überkommen waren, dadurch im Laufe der Zeit für die Überwinterer unwichtiger wurden. Eine psychische Belastung durch die soziale Isolation konnte daher keine wesentliche Bedeutung erlangen.

Deutliche Veränderungen der Arbeits- und Schlafgepflogenheiten sowie der "Befindlichkeit" belegten die Wirkung von Hell-Dunkel-Wechseln als Zeitgeber für die Circadianrhythmik des Menschen. Dabei stellte es sich heraus, daß sich die für die Überwinterer maßgebende "dunkle Zeit" über einen längeren Zeitraum als nur die Polarnacht und die Wochen besonders kurzer Tageshelligkeit erstreckte. Die Überwinterer konnten auch zu Zeiten mit Drift und Sturm die tageslichtlose Station kaum verlassen und die Stationsbeleuchtung war offensichtlich kein ebenbürtiger Ersatz für das Tageslicht. Die tageszeitlich spätesten Akrophasen der untersuchten Variablen erschienen dementsprechend erst in den Monaten Juli-August.

Deutliche Veränderungen der Circadianrhythmik in Form von verschobenen Phasen sowie destabilisierter Tagesrhythmik konnten nicht in jedem Fall klar den Jahreszeiten oder der für die Überwinterer "dunklen Zeit" zugeordnet werden.

Insbesondere erwies sich die Mundbodentemperatur für die Beurteilungen der Circadianrhythmik des Menschen in einer durch Kälte bestimmten Umwelt als nicht geeignet. Ihre jahreszeitlichen Variationen der Mesoren, Amplituden und Akrophasenlagen, die nicht mit den Erwartungen übereinstimmten, ließen sich durch Kälteexpositionen der Probanden erklären.

Probleme der Interpretation der Ergebnisse traten auch durch unterschiedliche Frequenzierungen der einzelnen Meßzeitpunkte in den Meßperioden auf. Durch Cosinor-Analysen der Meßwerte verschiedener Variabler konnte dieses Problem der "Mittelwertverfälschung" zum Teil behoben werden. Bedingt durch die kleine Anzahl der Probanden konnte es durch interindividuelle Unterschiede wie z.B. beim Schlafverhalten zu stärkeren Beeinflussungen der Ergebnisse für die Gesamtgruppe kommen.

Das Gruppenverhalten der Überwinterer (z.B. gemeinsam wahrgenommene Essenszeiten) scheint Zeitgeberfunktion gehabt und die Circadianrhythmen der Probanden über die Jahreszeiten hinweg auf einen 24-Stunden-Tag eingestellt zu haben.

Ergebnisse vorliegender Labor- und Feldstudien zum Einfluß des Lichtes auf die Circadianrhythmik des Menschen ließen sich in dieser Untersuchung bestätigen. Die Existenz einer circannualen Rhythmik des Menschen konnte vermutet, nicht aber bewiesen werden.

8 Ausblick

Die Ergebnisse dieser Untersuchung, die unter den besonderen geophysikalisch-klimatisch bedingten widrigen Wetterverhältnissen und Helligkeitsbedingungen der Antarktis (Polartag, Polarnacht) sowie in der Isolation der dort gelegenen GVN-Station gewonnen wurden, lassen sich auf andere geographisch extrem gelegene Arbeitsbereiche und großtechnische Forschungsprojekte der Gegenwart und Zukunft übertragen.

Ob es sich um einen Arbeitseinsatz in der Arktis, der Antarktis, um einen längeren Aufenthalt im Weltraum oder in unterseeischen Wohn- und Forschungsanlagen handelt: In jedem Fall können die eingesetzten Mannschaften mit ihrer sozialen Isolation und möglicherweise mit fehlenden Hell-Dunkel-Wechseln des natürlichen Tageslichts im 24-Stunden-Rhythmus und den damit verbundenen Folgen konfrontiert werden.

Da eine Gruppe von Menschen wie eine Überwinterungsgruppe gezwungen sein wird, über eine lange Zeit ohne die Möglichkeit "unterwegs aussteigen" zu können miteinander zu leben, sollte bei der Auswahl der Mannschaft darauf geachtet werden, daß sich die einzelnen Mitglieder in ihren Fähigkeiten und charakterlichen Eigenschaften ergänzen. Eine harmonisierende

Mannschaft mit positiver Grundeinstellung zur zukünftigen Aufgabe und zu den Naturgewalten, mit denen sie sich auseinandersetzen haben, wird zum Schlüssel einer guten Bewältigung der sozialen Isolationszeit.

Da ein besonderes Problem in der Dunkelheit der antarktischen Wintermonate oder in dementsprechend vom Tageslicht abgeschirmten Wohn- und Arbeitsbereichen (z.B. unterseeische Anlagen) zu sehen ist, muß gefordert werden, daß die Beleuchtungseinrichtungen solcher Stationen in der Lage sein müssen, Licht hoher Intensität abzugeben, um eine Zeitgeberfunktion durch Hell-Dunkel-Wechsel im Tagesrhythmus erzeugen zu können.

Es hat sich gezeigt, daß kein Überwinterer gegenüber den Einflüssen der unterschiedlichen Lichtverhältnisse im Laufe des Untersuchungszeitraums völlig unempfindlich war. Darüberhinaus gab es bei der Überwinterung 1985/86 ein Mannschaftsmitglied, das unter dem Einfluß der Dunkelheit deutliche Symptome einer saisonal affektiven Depression ("Winter-Depression") entwickelte. Auch ein Proband zeigte besonders in der Winterzeit Anzeichen psychischer Auffälligkeit.

Da in einer für den Menschen lebensfeindlichen Umgebung wie in der Antarktis oder in entsprechender Exposition bereits eine nur leicht reduzierte Aufmerksamkeit die Durchführung des mit dem dortigen Aufenthalt verbundenen Auftrages gefährden und für die betreffende Person schon gefährlich werden kann und da eine Erkrankung in der Art einer Depression geradezu lebensgefährlich für den Erkrankten und darüberhinaus für seine Mannschaft werden kann, darf die Möglichkeit des Auftretens und die Bedeutung einer "Winter-Depression" nicht unterschätzt werden. Es ist deshalb zu fordern, daß in einer medizinischen Einstellungsuntersuchung Kandidaten mit Anzeichen für Krankheiten psychogener Art oder mit psychischen Auffälligkeiten dringend ausgeschlossen werden müssen. Ferner sollten in einer Einrichtung entsprechend einer Polarstation Möglichkeiten zur Behandlung von psychischen Erkrankungen gegeben sein. Unter anderem sollten Einrichtungen zur Lichttherapie bestehen, um Erscheinungen wie eine "Winter-Depression" oder auch eine Midwinter-Insomnia behandeln zu können. Eine Aufklärung der Mannschaftsmitglieder über lichtbedingte Störungen des Befindens sollte obligatorisch sein.

Da die Kosten für die Ausrüstung einer Station mit ausreichend hellen Beleuchtungseinrichtungen und eine Lichttherapieeinheit gemessen an den Summen, die für den Betrieb einer Forschungseinrichtung beispielsweise in der Antarktis aufgebracht werden müssen, eher bescheiden sind, ist zu hoffen, daß die geäußerten Vorschläge aufgenommen und umgesetzt werden.

9 Literaturverzeichnis

- ADAM J, BROWN T, COLQUHOUN P, HAMILTON P, ORSBORN J, THOMAS I, WORSLEY D (1972) Nychthemeral rhythms and air trooping: Some preliminary results from "Exercise Medex". In: W.P.Colquhoun (ed.): Aspects of human efficiency. London: The English Univ. Press: 317-325.
- ÅKERSTEDT T (1977) Inversion of the sleep wakefulness pattern: effects on circadian variations in psychophysiological activation. *Ergonomics* 20: 459-474.
- ÅKERSTEDT T (1979) Altered sleep/wake patterns and circadian rhythms. Karolinska Institut Stockholm: Acta Physiol. Scand. Suppl. 469.
- ÅKERSTEDT T, FRÖBERG JE (1976) Interindividual differences in circadian patterns of catecholamine excretion, body temperature, performance and subjective arousal. *Biol. Psychol.* 4: 277-292.
- ÅKERSTEDT T, FRÖBERG JE (1977) Psychophysiological circadian rhythms in women during 75 h of sleep deprivation. *Waking and Sleeping* 4: 387-394.
- ÅKERSTEDT T, FRÖBERG JE (1979) Sleep and stressor exposure in relation to circadian rhythms in catecholamine excretion. *Biol. Psychol.* 8: 69-80.
- ÅKERSTEDT T, FRÖBERG JE (1981) Interindividual consistency in circadian properties of catecholamine excretion. In: F.Halberg, L.E.Scheving, E.W.Powell, D.K.Hayes (eds.): International society for chronobiology. XIII International Conference, 1977. Proceedings. Milano: Il Ponte: 203-212.
- ÅKERSTEDT T, GILLBERG M (1982) Displacement of the sleep period and sleep deprivation. *Human Neurobiology* 1: 163-171.
- ÅKERSTEDT T, LEVIL (1978) Circadian rhythms in the secretion of cortisol, adrenaline and noradrenaline. *European Journal of Clinical Investigations* 8: 57-58.
- ÅKERSTEDT T, FRÖBERG JE, FRIBERG Y, WETTERBERG L (1979) Melatonin excretion, body temperature and subjektive arousal during 64 hours of sleep deprivation. *Psychoneuroendocrinology* 4: 219-225.
- ÅKERSTEDT T, GILLBERG M, WETTERBERG L (1982) The circadian covariation of fatigue and urinary melatonin. *Biological Psychiatry* 17: 547-554.
- ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG (Hrsg.) Antarktis-Stationen der Bundesrepublik Deutschland: Georg von Neumayer, Filchner, Lillie Marleen, Gondwana. Ditzen-Druck, Bremerhaven 1985.
- ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG (Hrsg.) Die Antarktisstationen der Bundesrepublik Deutschland: Georg v. Neumayer, Filchner, Lillie Marleen, Gondwana. Ditzen-Druck, Bremerhaven 1985.

- ANDERSEN JE (1970) Treskiftarbejde, en social-medicinsk undersøgelse.
 Publikation 42 des Socialforskningsinstituttet Kopenhagen, Dänemark: Teknisk Forlag,
 Bd.I und II, København. (Zitiert nach Knauth 1983).
- ANDERSON H, CHAMBERS MMC, MYRHE G, NICHOLSON AN, STONE BM (1984)
 Sleep of shiftworkers within the Arctic Circle. *Aviat. Space Environ. Med.*, 55: 1026-1030.
- ARENDE J, BROADWAY J (1986) Phase response of human melatonin rhythms to bright
 light in Antarctica. *Journal of Physiology* 377: 68.
- ARENDE J, WIRZ-JUSTICE A, BRADTKE J (1977) Annual rhythm of serum melatonin
 in man. *Neuroscience Letters* 7: 327-330.
- ARENDE J, BOJKOWSKI C, FOLKARD S, FRANEY C, MARKS V, MINORS D,
 WATERHOUSE J, WEVER RA, WILDGRUBER C, WRIGHT J (1985) Ciba Symposium
 "Photoperiodism, Melatonin and the Pineal Gland". D.Everard and S.Clark (eds.).
- ASCHOFF J (1954) Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. *Die Naturwiss.* 41: 49-56.
- ASCHOFF J (1955a) Exogene und endogene Komponente der 24-Stunden-Periodik bei
 Tier und Mensch. *Die Naturwiss.* 42: 569-575.
- ASCHOFF J (1955b) Der Tagesgang der Körpertemperatur beim Menschen.
Klinische Wochenschrift 33: 545-551.
- ASCHOFF J (1960) Exogenous and endogenous components in circadian rhythms.
Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 25: 11-28.
- ASCHOFF J (1966) Physiologie biologischer Rhythmen.
Ärztliche Praxis 18: 1569 und 1593-1597.
- ASCHOFF J (1978a) Circadian rhythms within and outside their ranges of entrainment.
 In: I.Assenmacher, D.Farner (Hrsg.): *Environmental Endocrinology*. Berlin: Springer:
 172-181.
- ASCHOFF J (1978b) Features of circadian rhythms relevant for the design of shift schedules.
Ergonomics 21: 739-754.
- ASCHOFF J (1981a) Biologische Uhren. Sonderdruck aus "Gießener Universitätsblätter"
 Heft 1: 9-20.
- ASCHOFF J (1981b) Circadian rhythms: Interference with and dependence on work-rest
 schedules. In: L.C.Johnson, D.L.Tepas, W.P.Colquhoun and M.J.Colligan (eds.):
Biological rhythms, sleep and shift work. Spectrum Publications, New York: 11-34.
- ASCHOFF J (Hrsg.) (1981c) *Biological rhythms. Handbook of Behavioral Neurobiology.*
 (F.A.King, ed.), Vol. IV. Plenum Publ. Corp. New York.
- ASCHOFF J (1981d) Freerunning and entrained circadian rhythms.
 In: J. Aschoff (Hrsg.): *Handbook of Behavioral Neurobiology*, Bd. 4, Biol. Rhythms,
 Plenum Press, New York: 81-93.
- ASCHOFF J (1982) Rhythmische Lebensprozesse.

- In: Kindlers Enzyklopädie: Der Mensch, Band III: 639-658.
- ASCHOFF J, WEVER R (1976) Human circadian rhythms: a multioscillatory system. Fed. Proc. 35: 2326-2332.
- ASCHOFF J, WEVER R (1981) The circadian system of man. In J. Aschoff (Hrsg.): Handbook of Behavioral Neurobiology, Bd. 4, Biol. Rhythms, Plenum Press, New York: 311-331.
- ASCHOFF J, HOFFMANN K, POHL H, WEVER R (1975) Reentrainment of circadian rhythms after phase-shifts of the Zeitgeber. Chronobiologia 2: 23-78.
- ASCHOFF J, KNAUTH P, RUTENFRANZ J (1987) 13. Biologische Rhythmen, Funkkolleg, Psychobiologie, Studienbegleitbrief 6, Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen (Hrsg.), Beltz Verlag, Weinheim, Basel.
- AUGSTEIN E (1984) The Observatories of the Georg-von-Neumayer Station. Berichte zur Polarforschung, Sonderheft Nr. 5, AWI, Bremerhaven.
- BAER K, ERNST G, NACHREINER F, SCHAY T (1981) Psychologische Ansätze zur Analyse verschiedener Arbeitszeitsysteme. Z. Arb.wiss. 35, (7 NF): 136-141.
- BANKS O (1956) Continuous shift work: The attitudes of wives. Occup. Psychol. 30: 69-84.
- BANNING W, BONJER FN, BAST GH, DE JONG JR, VAN DER WERFF HMA (1961) "Ploegenarbeid", Contactgroep Opvoering Productiviteit. Den Haag. Zit. nach: Drenth, P.J.D., Hoolwerf, G. and Thierry, H.: Shiftwork: Pros, cons, perspectives. Paper presented at the NATO-Conference on Personal Goals and Work Design, York, England, 10-15 August, 1974. (Zit. nach Knauth 1983).
- BEHMANN FW (1960) Grundlagen der Bekleidungsphysiologie in elementarer Darstellung. Hrsg.: Vertrauensstelle für Lieferungstuchmacher e. V., Erpel/Rhein.
- BENOIT O, FORET J, MERLE B, REINBERG A (1981) Circadian rhythms (temperature, heart rate, vigilance, mood) of short and long sleepers: effects of sleep deprivation. Chronobiologia 8: 341-350.
- BINGHAM C, ARBOGAST B, CORNELISSEN GUILLAUME G, LEE J-K, HALBERG F (1982) Interferential statistical methods for estimating and comparing cosinor parameters. Chronobiologia 9: 397-439.
- BLAKE MJF (1967) Relationship between circadian rhythm of body temperature and introversion-extraversion. Nature 215: 896-897.
- BLAKE MJF (1971) Temperament and time of day. In: W.P. Colquhoun (ed.): Biological rhythms and human performance. London. Academic Press: 109-148.
- BLAKE MJF, CORCORAN DWJ (1972) Introversion-extraversion and circadian rhythms. In: W.P. Colquhoun (ed.): Aspects of human efficiency. London: The English Universities Press Ltd.: 261-272.

- BLAKELOCK E (1960) A new look at the new leisure.
Admin. Sci. Quart. (Ithaca) 4: 446-467.
- BOJKOWSKI C, ALDHOUSE ME, ENGLISH J et al. (1987) Suppression of nocturnal plasma melatonin and alphasulphatoxymelatonin by bright and dim light in man.
Hormon Metatab. Res., 19: 437-440.
- BREITHAAPT H (1982) Mechanism of adaptation to changes in time schedules in relation to the individual circadian phase position. In: G.Hildebrandt, H.Hensel (Hrsg.). Biological Adaptation. Stuttgart, Georg Thieme: 87-94.
- BROADWAY J, ARENDT J (1986) Delayed recovery of sleep and melatonin rhythms after nightshiftwork in antarctic winter. The Lancet, Oct. 4, 1986: 813-814.
- BROADWAY J, ARENDT J, FOLKARD S (1987) Bright light phase shifts the human melatonin rhythm during the Antarctic winter. Neuroscience Letters, 79: 185-189.
- BUNNAGE D (1980) Untersuchung der Auswirkungen von Schichtarbeit auf das Sozial- und Familienleben. In: Europäische Stiftung zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen (Hrsg.): Die Auswirkungen der Schichtarbeit auf Gesundheit, gesellschaftliche Bindungen und Familienleben. Dublin.
- BÜNNING E (1977) The physiological clock. New York: Springer 1967.
Deutsch: Die physiologische Uhr. Berlin, Heidelberg: Springer.
- BÜNNING E (1978) Evolution der zirkadianen Organisation.
Arzneim. Forsch./Drug. Res. 28 (II): 1811-1813.
- BURTON AC, EDHOLM OG (1955) Man in cold environment.
London: Edw. Arnold Ltd. (Zit. nach Wenzel, Piekarski 1982).
- CAMPBELL SS, KRIPKE DF, GILLIN JC, HRUBOVCAK JC (1988) Exposure to light in healthy elderly subjects and alzheimer's patients. Physiology and Behavior, 42: 141-144.
- CARTER FA, CORLETT EN (1982) Accidents and shiftwork. Paper presented at International Research Workshop on Psychological Approaches to Night and Shift Work, Edinburgh, 20-22 July, 1982.
- CHADWICK-JONES J (1967) Shift working: Physiological effects and social behaviour.
Brit. J. Industr. Relat. 5: 237-243.
- COLQUHOUN WP (1985) Hours of work at sea: watchkeeping schedules, circadian rhythms and efficiency. Ergonomics 28: 637-653.
- COLQUHOUN WP, CONDON R (1981) Introversion-Extraversion and the adjustment of the body-temperature rhythm to night work. In: A.Reinberg, N.Vieux, P.Andlauer (Hrsg.). Night and shift work. Oxford: Pergamon Press: 449-455.
- COLQUHOUN WP, CORCORAN WJ (1964) The effects of time of day and social isolation on the relationship between temperament and performance.
Brit. J. Soc. Clin. Psychol. 3: 226-231.

- COLQUHOUN WP, FOLKARD S (1978) Personality differences in body-temperature rhythm, and their relation to its adjustment to night work. *Ergonomics* 21: 811-817.
- CZEISLER CA, WEITZMAN ED, MOORE-EDE MC, ZIMMERMAN JC, KNAUER RS (1980) Human sleep: Its duration and organization depend on its circadian phase. *Science*, 210: 1264-1267.
- CZEISLER CA, ALLAN JS, STROGATZ SH, RONDA JM, SANCHEZ R, RIOS CD, FREITAG WO, RICHARDSON GS, KRONAUER RE (1986) Bright light resets the human circadian pacemaker independent of the timing of the sleep-wake cycle. *Science*, 233: 667-671.
- CZEISLER CA, KRONAUER RE, MOONEY JJ, ANDERSON JL, ALLAN JS (1987) *Psychiatr. Clin. N. Am.* 10: 687. (Zit. nach CZEISLER et al. 1989)
- CZEISLER CA, ALLAN JS, KRONAUER RE, DUFFY JF (1988) Strong circadian phase resetting in man is effected by bright light suppression of circadian amplitude. *Sleep Research*, 17: 367.
- CZEISLER CA, KRONAUER RE, ALLAN JS, DUFFY JF, JEWETT ME, BROWN EN, RONDA JM (1989) Bright light induction of strong (type 0) resetting of the human circadian pacemaker. *Science*, Vol. 244: 1328-1333.
- DASLER AR (1974) Ventilation and thermal stress ashore and afloat. Chapter 3. *Manual of Naval Preventive Medicine*.
- DEBUS G (1974) Selbst- und Fremdeinstufungen des aktuellen Befindens in psychopharmakologischen Längsschnittuntersuchungen. *Arzneim.-Forsch. (Drug Res.)* 24: 996-1001.
- DE COURSEY PJ (1960) Daily light sensitivity rhythm in a rodent. *Science*, 131: 33-35.
- DE LA MARE G, WALKER J (1968) Factors influencing the choice of shift rotation. *Occup. Psychol.* 42: 1-21.
- DIEKMANN A, ERNST G, NACHREINER F (1981) Auswirkung der Schichtarbeit des Vaters auf die schulische Entwicklung der Kinder. *Z. Arb.wiss.* 35 (7 NF): 174-178.
- DIEKMANN A, BAER K, ERNST G, NACHREINER F (1983) Gemeinsame freie Zeit von Familienmitgliedern bei unterschiedlichen Arbeitszeitsystemen. Vortrag, 29. Frühjahrskongreß der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V., Dortmund, 10. und 11.3.1983
- DIJK DJ, VISSCHER CA, BLOEM GM, BEERSMA DGM, DAAN S (1987) Reduction of human sleep duration after bright light exposure in the morning. *Neuroscience Letters*, 73: 181-186.
- EASTMAN CI (1985) Some effects of following a 26-hr sleep-wake schedule: Preliminary data from two subjects. *IEEE/Seventh Annual Conference of the Engineering in Medicine and Biology Society*: 1067-1072.
- EASTMAN CI (1986) Bright light improves the entrainment of the circadian rhythm of

- body temperature to a 26-hr sleep-wake schedule in humans. *Sleep Research*, 15: 271.
- EASTMAN CI (1987a) Improving adaptation to non-24-sleep schedules with bright light. Abstracts of the Fifth International Congress of Sleep Research: 14.
- EASTMAN CI (1987b) The circadian rhythm of temperature in humans during a 26-hr sleep-wake schedule. *Physiology and Behavior*, 40: 17-23.
- EASTMAN CI (1987c) Bright light in work-sleep schedules for shift workers: Applikation of circadian rhythm principles. In L.Rensing, U. an der Heiden and M.C.Mackey (eds.): *Temporal Disorders in Human Oscillatory Systems*. Springer Verlag: Berlin-Heidelberg-New York: 176-185.
- EASTMAN CI (1988) Field studies of humans following 26-hr bright light and sleep-wake schedules. Abstracts of the First Meeting of the Society for Research on Biological Rhythms: 66.
- EASTMAN CI (1990) Circadian rhythms and bright light: Recommendations for shift work. *Work and Stress*, Vol. 4 (3), 245-260.
- EDHOLM OG, GUNDERSON (EDS.) (1973) In: *Polar Human Biology*, W.Heinemann Medical Books Ltd.: 342.
- ERNE H (1976) Tagesrhythmik von Leistungen und Persönlichkeitsvariablen. *Schweiz. Z. Psychol.* 35: 185-197.
- EYSENCK HJ (1967) *The biological basis of personality*. Springfield: C.C.Thomas.
- EYSENCK HJ (1974) *Eysenck-Persönlichkeits-Inventar (EPI)*. Deutsche Bearbeitung Prof. Dr. Dietrich Eggert, Form A, Göttingen: Hogrefe.
- EYSENCK HJ (1981) *A model for personality*. Berlin: Springer.
- FANGER PO (1972) The variability of man's preferred ambient temperature from day to day. *Arch. Sci. Physiol.* 27: A 403.
- FELLENBERG AJ, PHILLIPOU G, SEAMARK RF (1980) *Biomed. Mass. Spectr.* 7: 84. (Zit. nach Griffiths u.a. 1986).
- FOLKARD S, GLYNN CJ, LLOYD JW (1976) Diurnal variation and individual differences in the perception of intractable pain. *J. of Psychosomatic Research* 20: 289-301.
- FOLKARD S, MONK TH, LOBBAN MC (1978) Short and long-term adjustment of circadian rhythms in 'permanent' night nurses. *Ergonomics* 21: 785-799.
- FOLKARD S, MONK TH, LOBBAN MC (1979) Towards a predictive test of adjustment to shift work. *Ergonomics* 22: 79-91.
- FORET J, BENOIT O (1974) Structure du sommeil chez des travailleurs à horaires alternants. *Electroencephal. Clin. Neurophysiol.* 37: 337-344.
- FORET J, LANTIN G (1972) The sleep of train drivers: an example of the effects of irregular work schedules on sleep. In: W.P. Colquhoun (ed.): *Aspects of Human Efficiency*. London: The English Universities Press: 273-282.

- FORSTHAUS A (1979) Unveröffentlichte Untersuchungen.
Zitiert in: H.G.Wenzel und C.Piekarski, Klima und Arbeit, Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.). 2. Aufl., München. 1982.
- FRANK W (1975) Raumklima und thermische Behaglichkeit.
Berichte aus der Bauforschung, Heft 104.
- FRÖBERG JE (1977) Twenty-four-hour patterns in human performance, subjective and physiological variables and differences between morning and evening active subjects.
Biol. Psychol. 5: 119-134.
- FRÖBERG JE (1979) Psychobiological 24-hour patterns. Theory, methods and summary of empirical studies. FOA rapport, C 52003-H6.
- FRÖBERG JE, KARLSSON CG, LEWIL L (1972) Shift work: a study of catecholamine excretion, self-ratings and attitudes. *Studia Laboris et Salutis* 11: 10-20.
- FRÖBERG JE, KARLSSON CG, LEWIL L, LIDBERG L (1975) Circadian rhythms of catecholamine excretion, shooting range performance and self-ratings of fatigue during sleep deprivation. *Biol. Physiol.* 2: 175-188.
- GALE A, BULL R, PENFOLD V, COLES M, BARRACLOUGH R (1972) Extraversion, time of day, vigilance performance and physiological arousal: failure of replicate traditional findings. *Psychonomic Science* 29: 1-5.
- GEHSE M (1980) Über den zeitlichen Verlauf der Anpassung verschiedener circadianer Funktionen bei Nachtschwemern. Dissertation: Phillips-Universität Marburg.
- GEIGY WISSENSCHAFTLICHE TABELLEN (1969) 7. Aufl., 1. revid. Nachdruck, Basel.
- GIOVINETTO MB (1964) The drainage systems of Antarctica. M.Mellor (Ed.), Antarctic Snow and Ice Studies I, American Geophysical Union, Washington.
- GODART J, DELABROISE A, MONNIER JC, DURRMEYER G, MOILLIE CL, COLMICHE C (1963) A propos du travail sur trois tournées dans la sidérurgie lorraine. *Arch. Mal. Prof.* 24: 134-139.
- GOLDMAN RF (1973) Environmental limits, their prescription and proscription. *Intern. J. Environment Stud.* 5: 193. (Zit. nach Wenzel, Piekarski 1982).
- GORDON GC, MCGILL WL, MALTESE JW (1981) Home and community life of a sample of shift workers. In: L.C.Johnson, D.I.Tepas, W.P.Colquhoun and M.J. Colligan (eds.): *Biological rhythms, sleep and shift work*. New York: Spectrum Publications: 357-369.
- GRANDJEAN E (1973) Wohnphysiologie. Grundlagen gesunden Wohnens. Verlag für Architektur Artemis Zürich.
- GREEN GH (1979) Field studies of the effect of air humidity on respiratory diseases. In: *Indoor Climate, Effects on human comfort, performance and health* (P.O.Fanger and O.Valbjørn, eds.) Danish Building Research Institute, Copenhagen: 207.

- GRIFFITHS PA, FOLKARD S, BOJKOWSKI C, ENGLISH J, ARENDT J (1986) Persistent 24-h variations of urinary 6-hydroxy melatonin sulphate and cortisol in Antarctica. *Experientia* 42: 430-432.
- GUTJAHR L, KÜNKEL H, MACHLEIDT W (1978) Jahresrhythmen der Häufigkeit elektroenzephalographischer Merkmale. *Arzneim.-Forsch./Drug Res.* 28 (II): 1857-1861.
- GWINNER E (1974) Die inneren Uhren. In: Grzimeks Tierleben: Verhaltensforschung, Kindler Verlag: 173-181.
- HAIDER M, CERVINKA R, HÖLLER H, KNAPP E, KOLLER M, KUNDI M, NEUBERGER M, SCHMID H (1979) Gesundheitliche und soziale Aspekte der Schichtarbeit. Institut für Gesellschaftspolitik (Hrsg.), Wien.
- HAK T, BOELSMA A (1979) Volkontinu bij Shell-Pernis Deel 1: De Variabelen. Inst. Preventieve en Sociale Psychiatrie (Hrsg.), Erasmus Universiteit Rotterdam, Fakulteit der Geneeskunde, Rotterdam. (Zit. nach Knauth 1983).
- HALBERG F (1959) Physiologic 24-hour periodicity; general and procedural considerations with reference to the adrenal cycle. *Z. Vitamin-, Horm.-, Fermentforsch.* 10: 225-296.
- HALBERG F, VISSCHER MB (1954) Some physiologic effects of lighting. *Proc. 1st Intern. Photobiol. Congr. (4th Intern. Light. Congr.)*, Amsterdam: 396-398.
- HALBERG F, TONG YL, JOHNSON EA (1967) Circadian systemphase - an aspect of temporal morphology; procedures and illustrative examples. In: von Mayersbach (Hrsg.). *The cellular aspects of biorhythms*. Springer, Berlin: 20-48.
- HALBERG F, CARANDENTE F, CORNELISSEN G, KATINAS GS (1977) Glossary of Chronobiology. *Chronobiologia* 4, Suppl. 1.
- HANSEN T, BRATLID T, LINGJAERDE O, BRENN T (1987) Midwinter insomnia in the subarctic region: Evening levels of serum melatonin and cortisol before and after treatment with bright artificial light. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 75: 428-434.
- HASELOFF OW, HOFFMANN H-J (1970) Kleines Lehrbuch der Statistik. 4., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Walter de Gruyter & Co., Berlin.
- HELLBRÜGGE T, LANGE J, RUTENFRANZ J (1959) Schlafen und Wachen in der kindlichen Entwicklung. *Archiv für Kinderheilkunde, Beiheft 39*. Stuttgart: Enke Verlag.
- HENSEL H (1970) Temperaturregulation. In: W.D.Keidel (Hrsg.): *Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie*. Stuttgart: Thieme Verlag: 219-231.
- HILDEBRANDT G (1967) Die Koordination rhythmischer Funktionen beim Menschen. *Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med.*, 73. Kongreß 1967, München: Verl. J.F. Bergmann: 921-941.
- HILDEBRANDT G (1976) Outline of chronohygiene. *Chronobiologia* 3: 113-127.
- HILDEBRANDT G, STRATMANN I (1979) Circadian system response to night work in relation to the individual circadian phase position. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 43: 73-83.

- HOCKEY GRJ, COLQUHOUN WP (1972) Diurnal variation in human performance: a review. In: W.P. Colquhoun (ed.): Aspects of human efficiency, London: The English Universities Press: 1-23.
- HOCKEY GRJ, DAVIES S, GRAY MM (1972) Forgetting as a function of sleep at different times of day. *Quart. J. Exper. Psychol.* 24: 368-393.
- HONMA K, HONMA S, WADA T (1987a) Entrainment of human circadian rhythms by artificial bright light cycles. *Experientia* 43: 572-574.
- HONMA K, HONMA S, WADA T (1987b) Phase-dependent shift of free-running human circadian rhythms in response to a single bright light pulse. *Experientia*, 43: 1205-1207.
- HORNE JA, ÖSTBERG O (1976) A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *Intern. J. Chronobiology* 4: 97-110. (Deutsche Bearbeitung).
- HORNE JA, ÖSTBERG O (1977) Individual differences in human circadian rhythms. *Biol. Psychol.* 5: 179-190.
- JANKE W, DEBUS G (1978) Die Eigenschaftswörterliste EWL. Eine mehrdimensionale Methode zur Beschreibung von Aspekten des Befindens. Göttingen: Verlag für Psychologie Dr. C.J.Hogrefe.
- JONASSEN N (1979) Static electricity in indoor environments. In: *Indoor climate, Effects on human comfort, performance and health* (P.O.Fanger and O.Valbjørn, Edit.). Danish Building Research Institute, Copenhagen: 363.
- JONES RL, MCGREER PL, GREINER AC (1969) *Clinica Chim. Acta* 26: 281. (Zit. nach Griffiths u.a. 1986).
- KAHLE W, BURCHARD E (1984) Überleben in der Kälte: Entstehen allgemeiner Kälteschäden und therapeutische Maßnahmen. *Deutsches Ärzteblatt (Ausgabe B)*, 81. Jahrgang, Heft 50: 3743-3748.
- KAY H (1949) Report on arctic trials on board HMS Vengeance. Royal Navy Personnel Research Committee, Rep. No.534, Med. Res. Council London.
- KIESSWETTER E (1988) Das circadiane und adaptive Verhalten psychischer und physischer Funktionen bei experimenteller Schichtarbeit. Frankfurt/Main: Verlag Peter Lang.
- KIESSWETTER E, KNAUTH P, WEIER R, THEISSEN W, RUTENFRANZ J (1981) Reentrainment of rectal temperature and heart frequency during days with experimental night shifts and morning and afternoon sleep. In: A.Reinberg, N.Vieux and P.Andlauer (Hrsg.): *Night and Shift Work*. Oxford: Pergamon Press.: 99-106.
- KLEIN KE, WEGMANN HM (1974) The resynchronisation of human circadian rhythms after transmeridian flights as a result of flight direction and mode of activity. In: L.E.Scheving, F.Halberg, J.E.Pomly (eds.): *Chronobiology*, Stuttgart, Thieme: 564-570.

- KLEIN KE, WEGMANN HM (1975) Das Verhalten des menschlichen Organismus beim Zeitzonenflug, 2: Die Folgen der Desynchronisation. Fortschritte der Medizin 93: 1497-1502.
- KLEIN KE, WEGMANN HM, ATHANESSENAS G, HOHLWECK H, KUKLINSKI P (1976) Air operations and circadian performance rhythms. Aviation Space Environ. Med. 47: 221-230.
- KLEITMANN N, KLEITMANN E (1953) Effect of non-twentyfour-hour routines of living on oral temperature and heart rate. J. Appl. Physiol. 6: 283-291.
- KLIMMER F, KNAUTH P, NEIDHART B, CONDON R, WHELPTON C, HERRMANN H, RUTENFRANZ J, COLQUHOUN WP (1984) Belastung und Beanspruchung des nautischen Personals durch mehrmonatige konstante Wachsysteme bei der Schiffsführung eines Öl-Großtankers. Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 19: 161-166.
- KLÖPPEL HB (1979) Circannual changes of the circadian phase position in man under strict resting conditions (abstract). Chronobiol. 6: 118f.
- KNAUTH P (1983) Ergonomische Beiträge zu Sicherheitsaspekten der Arbeitszeitorganisation Fortschr.-Ber. VDI-Z., Reihe 17, Nr. 18.
- KNAUTH P, RUTENFRANZ J (1981) Duration of sleep related to the type of shift work. In: A.Reinberg, N.Vieux and P.Andlauer (eds.): Night and shift work. Biological and social aspects. Pergamon Press. 161-168.
- KNAUTH P, KIESSWETTER E, RUTENFRANZ J (1981) Rhythmen im Leben. In: F.Stoll (Hrsg.): Anwendungen im Berufsleben. Arbeits-, Wirtschafts- und Verkehrspsychologie. Die Psychologie des 20. Jahrhunderts. Band XIII. Zürich: Kindler Verlag: 680-713.
- KOHNEN H (1981) Antarktis Expedition. Gustav Lübbe Verlag.
- KOJIMA A, NIIJAMA Y (1965) Diurnal variations of 17-ketogenetic steroid and catecholamine excretion in adolescent and middle-aged shift workers with special reference to adaptability to night work. Ind. Health 3: 9-19.
- KRONAUER RE, CZEISLER CA, PILATO SF, MOORE-EDE MC, WEITZMANN ED (1982) Mathematical model of the human circadian system with two interacting oscillators. Am. J. Physiol. 242: R3-R17.
- LERSCH P, ULICH E (1958) Schicht- und Nachtarbeit in psychologischer Sicht. Amer. J. Psychol. 71: 123-135.
- LEWIS PR, LOBBAN MC (1957) Dissociation of diurnal rhythms in human subjects living on abnormal time routines. Quart. J. Exper. Physiol. (London) 42: 371-386.
- LEWY AJ, WEHR TA, GOODWIN FK, NEWSOME DA, MARKEY SP (1980) Light suppresses melatonin secretion in humans. Science, 210: 1267-1269.
- LEWY AJ, SACK RL, SINGER CM (1984) Assessment and treatment of chronobiologic disorders using plasma melatonin levels and bright light exposure: The clockgate model and

- the phase response curve. *Psychopharmacology Bulletin*, 20: 561-565.
- LEWY AJ, SACK RL, SINGER CM (1985) Immediate and delayed effects of bright light on human melatonin production: Shifting "dawn" and "dusk" shifts the dim light melatonin onset (DLMO). *Annals of the New York Academy of Sciences*, 453: 253-259.
- LEWY AJ, SACK RL, MILLER LS, HOBAN TM (1987) Antidepressant and circadian phase-shifting effects of light. *Science*, 235: 352-354.
- LEWY AJ, SACK RL, SINGER CM, WHITE DM, HOBAN TM (1988) Winter depression and the phase-shift hypothesis for bright light's therapeutic effects: History, theory, and experimental evidence. *Journal of Biological Rhythms*, 3: 121-134.
- LINDHARD J (1913) Contribution to the physiology of respiration under the Arctic climate. *Meddeleser om Grønland* 41: 78-81. (Zit. nach Simpson, Bohlen 1973).
- LINGJAERDE O, BRATLID T, HANSEN T (1985) Insomnia during the "dark period" in northern Norway. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 71: 506-512.
- LOBBAN MC (1965) Dissociation in human rhythmic functions. In: J. Aschoff (Hrsg.). *Circadian Clocks*. Amsterdam: North Holland Publishing Company. 219-227.
- MAASEN A (1980) Das Familienleben der Schichtarbeiter und die Schulausbildung ihrer Kinder. In: Europäische Stiftung zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen (Hrsg): *Die Auswirkungen der Schichtarbeit auf Gesundheit, gesellschaftliche Bindungen und Familienleben*, Dublin.
- MANN FC, HOFFMAN LR (1960) Automation and the worker. A study of social change in power plants. Henry Holt and Company, New York: 105-140.
- MAURICE M, MONTEIL C (1965) *Vie quotidienne et horaires de travail*. Université de Paris, Institut des Sciences Sociales du Travail, Paris.
- MAYERSBACH H von (1978) Die Zeitstruktur des Organismus. Auswirkungen auf zelluläre Leistungsfähigkeit und Medikamentenempfindlichkeit. *Arzneim.-Forsch./Drug Res.* 28 (II): 1824-1836.
- MILLS JN, MINORS DS, WATERHOUSE JM (1977) The physiological rhythms of subjects living on a day of abnormal length. *Journal of Physiology* 268: 803-826.
- MINORS DS, MILLS JN, WATERHOUSE JM (1976) The circadian variations of the rates of excretion of urinary electrolytes and of deep body temperature. *International Journal of Chronobiology* 4: 1-28.
- MINORS DS, WATERHOUSE JM, WIRZ-JUSTICE A, ARENDT J (1990) Is there a phase response curve to bright light in humans? Some preliminary results. *Chronobiology and Chronomedicine* 4, Peter Lang Verlag, Frankfurt a. M.
- MONK TH, APLIN LC (1980) Spring and autumn daylight saving the changes: Studies of adjustment in sleep timings, mood, and efficiency. *Ergonomics* 23: 167-178.
- MONK TH, FOLKARD S (1976) Adjusting to the changes to and from Daylight Saving

- Time. *Nature* 261: 688-689.
- MONK TH, LENG VC, FOLKARD S, WEITZMAN ED (1983) Circadian rhythms in subjective alertness and core body temperature. *Chronobiologia* 10: 49-55.
- MOOG R (1981) Morning-evening types and shift work. A questionnaire study. In: A.Reinberg, N.Vieux, P.Andlauer (Hrsg.). *Night and shift work*. Oxford:Pergamon Press: 481-488.
- MOTT PE, MANN FC, McLOUGHLIN Q, WARWICK DP (1965) Shift work. The sozial, psychological and physical consequences. The University of Michigan Press, Ann Arbor.
- NACHREINER F, RUTENFRANZ J (1975) Sozialpsychologische, arbeitspsychologische und arbeitsmedizinische Erhebungen in der Chemischen Industrie. In: F.Nachreiner et al.: *Schichtarbeit bei kontinuierlicher Produktion*, Forschungsbericht der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund, Nr. 141: 83-177. Wirtschaftsverlag Nordwest, Wilhelmshaven.
- NACHREINER F, FRIELINGSDORF R, ROMAHN R, KNAUTH P, KUHLMANN W, KLIMMER F, RUTENFRANZ J, WERNER E (1975) Schichtarbeit bei kontinuierlicher Produktion. Forschungsbericht Nr. 141 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund, Wirtschaftsverlag Nordwest, Wilhelmshaven.
- NANSEN F (1897) *Farthest North*. Constable, London. 2 volumes: pp 1220. (Zit. nach Simpson, Bohlen 1973).
- NELSON W, TONG YL, LEE J-K, HALBERG F (1979) Methods for cosinor-rhythmometry. *Chronobiologia* 6, 305.
- NEULOH O (1964) Sozialisation und Schichtarbeit. *Soziale Welt* 15: 50-70.
- NEULOH O, BRAUN R, WERNER E (1961) *Die durchlaufende Arbeitsweise*. J.C.B.Mohr (Paul Siebeck), Tübingen.
- NOVLIS V, GREEN RF (1965) Factor-analytic studies of the mood adjective checklist. San Diego (U.S. Off. of Naval Research). (Zit. nach Janke, Debus 1978).
- ÖSTBERG O (1973) Interindividual differences in circadian fatigue patterns of shift workers. *Brit. J. Industr. Med.* 30: 341-351.
- ÖSTBERG O (1976) Zur Typologie der circadianen Phasenlage. Ansätze zu einer praktischen Chronohygiene. In: G.Hildebrandt (Hrsg.). *Biologische Rhythmen und Arbeit, Bausteine zur Chronobiologie und Chronohygiene der Arbeitsgestaltung*. New York. Springer: 117-137.
- ORVIG S (1970) *Climates of the Polar Regions*. In: *World Survey of Climatology*, Vol. 14. Elsevier Publishing Company.
- OSWALD M (1978) Überlegungen zur Erklärungskraft von Eysencks Persönlichkeitstheorie. *Psychologische Beiträge* 20: 14-34.
- PATERSON RAH (1975) *Lancet* 1: 468. (Zit. nach Giffiths u.a. 1986).

- PATKAI P (1971) Interindividual differences in diurnal variations in alertness, performance, and adrenaline excretion. *Acta Physiol. Scand.* 81: 35-46.
- PATKAI P, PETTERSON K, ÅKERSTEDT T (1973) Flexible working hours and individual diurnal rhythms. Stockholm: University-Report from the Psychol. Lab. Nr. 406.
- PIEKARSKI C (1982) Störungen und Erkrankungen durch klimatische Einwirkungen. In: Heilmeyer, *Innere Medizin*, 4. Auflage (H.A.Kühn und J.Schirmeister Hrsg.), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- PITTENDRIGH CS (1981) Circadian systems: Entrainment. In J. Aschoff (Hrsg.) *Handbook of Behavioral Neurobiology*; Bd. 4, Biological Rhythms, New York: Plenum Press: 95-124.
- PÖPPEL E, ASCHOFF JC, GIEDKE H (1970) Tagesperiodische Veränderungen der Reaktionszeit bei Wahlreaktionen. *Z. Exp. Angew. Psychol.* 17: 537-552.
- POULTON EC, HITCHINGS NB, BROOKE RN (1965) Effect of cold and rain upon the vigilance of lookouts. *Ergonomics* 8: 163.
- REINBERG A, LAGOGUEY M (1978a) Annual endocrine rhythms in healthy young adult men: Their implication in human biology and medicine. In: I. Assenmacher and D.S. Farner (eds.): *Environmental endocrinology*: 113-121. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- REINBERG A, LAGOGUEY M (1978b) Circadian and circannual rhythms in sexual activity and plasma hormones (FSH, LH, Testosterone) of five human males. *Archives of Sexual Behavior*, Vol. 7, No. 1.
- REINBERG A, GERVAIS P, HALBERG F, GAULTIER M, ROYNETTE N, ABULKER C, DUPONT J (1973) Rhythmes circadiens et circannuels de mortalité des adultes dans un hôpital parisien et en France. *Nouvelle Presse Médicale* 2: 289-294.
- REINBERG A, CHAUMONT A-J, LAPORTE A (1975a) Circadian temporal structure of 20 shift-workers (8-hour-shift-weekly rotation): An autometric study. In: P. Colquhoun, S. Folkard, P. Knauth and J. Rutenfranz (Hrsg.): *Experimental studies of shift-work*. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen Nr. 2513, Opladen: Westdeutscher Verlag: 142-165.
- REINBERG A, LAGOGUEY M, CHAUFFOURNIER J-M, CESSÉLIN F (1975b) Circannual and circadian rhythms in plasma testosterone in five healthy young parisian males. *Acta Endocrinologica.* 80: 732-743.
- REINBERG A, SCHULLER E, CLENCH J, SMOLENSKY MH (1980) Circadian and circannual rhythms of Leukocytes, Proteins and Immunoglobulins. In: M.H. Smolensky et al. (eds.): *Recent advances in the chronobiology of allergy and immunology*. Pergamon Press Oxford, New York: 251-259.

- REINBERG A, BROSSARD T, ANDRE M-F, JOLY D, MALAURIE J, LEWI F, NICOLAI A (1984) Interindividual differences in a set of biological rhythms documented during the high arctic summer (79°N) in three healthy subjects. *Chronobiology International*, Vol 1, No. 2: 127-138.
- RENSING L (1973) *Biologische Rhythmen und Regulation. Grundbegriffe der modernen Biologie*, X. Stuttgart: Fischer.
- REVELLE W, HUMPHREYS MS, SIMON L, CILLILAND K (1980) The interactive effect of personality, time of day, and coffee: a test of the arousal model. *J. Exp. Psychol. General* 109: 1-31.
- ROHMERT W, RUTENFRANZ J (1975) *Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen*. Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung, Bonn.
- ROSENTHAL NE, SACK DA, SKWERER AG, JACOBSEN MF, WEHR TA (1988) Phototherapy for seasonal affective disorder. *Journal of Biological Rhythms*, 3: 101-120.
- RUBIN MJ (1973) *Antarctic Meteorology*. Lewis and Smith (Eds.), *Frozen Future*, New York.
- RUTENFRANZ J, COLQUHOUN WP (1979) Circadian rhythms in human performance. *Scand. J. Work. Environ. Health* 5: 167-177.
- RUTENFRANZ J, KNAUTH P (1981) Organisatorische Probleme der Schichtarbeit aus arbeitsmedizinischer Sicht. *Wt - Z. industr. Fertigung* 71: 297-302.
- RUTENFRANZ J, ASCHOFF J, MANN H (1972) The effects of a cumulative sleep deficit, duration of preceding sleep period and body temperature on multiple choice reaction time. In: W.P.Colquhoun (ed.): *Aspects of human efficiency*. London: The English Universities Press: 217-229.
- RUTENFRANZ J, KNAUTH P, COLQUHOUN WP (1976) Hours of work and shiftwork. *Ergonomics* 19: 331-340.
- RUTENFRANZ J, KNAUTH P, KÜPPER R, ROMAHN R, ERNST G (1980) Pilotstudie über physiologische und psychologische Konsequenzen der Schichtarbeit in einigen Branchen des Dienstleistungssektors. In: Europäische Stiftung zur Verbesserung der Lebens- und Arbeitsbedingungen (Hrsg.): *Die Auswirkungen der Schichtarbeit auf Gesundheit, gesellschaftliche Bindungen und Familienleben*, Dublin.
- SASAKI T (1972) Circadian rhythm in body temperature. In: S.Itoh, K.Ogata, H.Yoshimura (eds.): *Advances in climatic physiology*. Tokio: Igaku Shoin; Berlin, Heidelberg, New York: Springer: 319-333.
- SAVIDES TJ, MESSIN S, SENGER C, KRIPKE DF (1986) Natural light exposure of young adults. *Physiology and Behavior*, 38: 571-574.
- SCHMIDT HG (1977) *Die Wirkung der elektrischen Energie auf den Menschen*.

- Z. Arb.wiss. 31 (3 NF): 160.
- SCHMIDT K-H, KIESSWETTER E, KNAUTH P, RUTENFRANZ J (1982)
 Psychologische Auswirkungen bei der Sommerzeitumstellung.
 Z. Arbeitswiss. 36 (8 NF): 9-16.
- SEIFERT H (1960) Über die Saisonabhängigkeit und Geschlechtsgebundenheit des menschlichen Serum-Antistreptolysins. Z. Ges. Inn. Med. 15: 589-591.
- SIMPSON HW, BOHLEN JG (1973) Latitude and the Human Circadian System.
 In: Mills, J.N.: Biological Aspects of Circadian Rhythms. Plenum 1973: 85-120.
- SMITH P (1979) A study of weekly and rapidly rotating shiftworkers. Int. Arch. Occup. Environ. Hlth. 43: 211-220.
- SMOLENSKY M, HALBERG F, SARGENT F (II) (1972) Chronobiology of the life sequence. In: Advances in Climatic Physiology. S.Itoh, K.Ogata, H.Yoshimura (eds.). Tokyo: Igaku Shoin Ltd.: 281-318.
- STATIONSORDNUNG Georg-von-Neumayer-Station, Fassung Oktober 1984
- STRATMANN I (1979) Veränderungen der Circadianrhythmik durch Nachtarbeit in Abhängigkeit von der individuellen Phasenlage. Dissertation: Phillips-Universität Marburg.
- TASTO DL, COLLIGAN MJ, SKJEI EW, POLLY SJ (1978) Health consequences of shift work. Final report. SRI Project URU-4426, National Institute for Occupational Safety and Health, Behavioral and Motivational Factors Branch, R.A. Taft Laboratories, Cincinnati, Ohio 45226.
- TERMAN M, TERMAN JS, QUITKIN FM, COOPER TB, LO ES, GORMAN JM, STEWART JW, McGRATH PJ (1988) Response of the melatonin cycle of phototherapy for seasonal affective disorder. Journal of Neur. Transm., 72: 147-165.
- THAYER RE (1967) Measurement of activation through self-report.
 Psych. Rep. 20: 663-678.
- THAYER RE (1970) Activation states as assessed by verbal report and four psychophysiological variables. Psychophysiology 7: 86-94.
- THAYER RE (1978) Towards a psychological theory of multidimensional activation (arousal). Motivation and Emotion 2: 1-34.
- THORINGTON L (1985) Spectral, irradiance and temporal aspects of natural and artificial light. Annals of the New York Academy of Sciences, 453: 28-54.
- TORSVALL L, ÅKERSTEDT T (1980) A diurnal type scale. Construction, consistency and validation in shift work. Scand. J. Work Environ. Health 6: 283-290.
- TOUITOU Y, REINBERG A, BOGDAN A, AUZEBY A, BECK H, TOUITOU C (1986) Age-related changes in both circadian and seasonal rhythms of rectal temperature with special reference to senile dementia of Alzheimer type. Gerontology 32: 110-118.
- ULICH E (1964) Schicht- und Nachtarbeit im Betrieb. Westdeutscher Verlag, Opladen.

- VAN DILLA M, DAY R, SIPLE PA (1968) Special problems of hands. In: Physiology of heat regulation and the science of clothing. (L.H.Newburgh, Edit.), Hafner Publishing Co., New York, London: 374.
- VAN LOON JH (1963) Diurnal body temperature curves in shift workers. *Ergonomics* 6: 267-273.
- VILLIGER A (1967) Entwicklung und soziale Probleme der industriellen Schichtarbeit insbesondere in der Schweiz. Verlag Schellenberg, Winterthur.
- VOKAC Z, MAGNUS P, JEBENS E, GUNDERSEN N (1981) Apparent phase-shifts of circadian rhythms (masking effects) during rapid shift rotation. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 49: 53-65.
- WEBB WB, BONNET MH (1978) The sleep of morning- and evening-types. *Biol. Psychol.* 7: 29-35.
- WEDDERBURN AAI (1981) Is there a pattern in the value of time off work? In: A.Reinberg, N. Vieux and P. Andlauer (eds.): Night and shift work. Biological and social aspects. Pergamon Press, Oxford: 495-504.
- WENZEL HG, PIEKARSKI C (1982) Klima und Arbeit. Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.), 2. Auflage, München.
- WESTHOFF K, KRULL-WITTKOPF R (1978) Tageszeit, Extraversion und Leistungen im Test d2. *Z. Exper. Angew. Psychol.* 25: 321-326.
- WETTERBERG L (1978) Melatonin in humans. *J. Neural Transm. Suppl.*, 13: 289-310.
- WETTERBERG L (1990) Lighting. *Scand. J. Work Environ. Hlth*, 16 (suppl 1): 26-28.
- WEVER RA (1979) The circadian system of man. Results of experiments under temporal isolation. Berlin: Springer Verlag.
- WEVER RA (1980) Phase shifts of human circadian rhythms due to shifts of artificial zeitgebers. *Chronobiologia* 7: 303-327.
- WEVER RA (1982) Behavioral aspects of circadian rhythmicity. In F.M.Brown and R.C.Graeber (eds.): Rhythmic Aspects of Behavior (Hillsdale N.Y.: Lawrence Erlbaum Associates): 105-171.
- WEVER RA (1983) Organization of the human circadian system: Internal interactions. In T.A.Wehr and F.K. Goodwin (eds.): Circadian Rhythms in Psychiatry (Pacific Grove: The Boxwood Press): 17-32.
- WEVER RA (1985a) Models of interaction between the circadian rhythms of sleep- wake and body temperature. In: W.P.Koella, E.Rüther, H.Schulz (Hrsg.). Sleep '84. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag: 86-88.
- WEVER RA (1985b) Use of light to treat jet lag: Differential effects of normal and bright artificial light on human circadian rhythms. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 453: 282-304.

- WEVER RA (1986) Characteristics of circadian rhythms in human functions. *Journal of Neural Transmission*, 21: 323-373.
- WEVER RA (1989) Light effects on human circadian rhythms. A review of recent Andechs experiments. *Journal of Biological Rhythms*, Vol. 4 (2), 161-185.
- WEVER RA, POLASEK J, WILDGRUBER CM (1983) Bright light affects human circadian rhythms. *Pflügers Archiv*, 396: 85-87.
- WIRZ-JUSTICE A, ARENDT J (1979) Diurnal, menstrual cycle and seasonal indole rhythms in man and their modification in affective disorders. In: J.Obiols, C.Ballus, E.Gonzales, E.Monclus, J.Pojul (eds.): *Biological psychiatry today*. Amsterdam, Elsevier: 294-302.
- WYATT S, MARRIOTT R (1953) Night work and shift changes. *Brit. J. Industr. Med.* 10: 164-172.
- ZULLEY J, WEVER R, ASCHOFF J (1981) The dependence of onset and duration of sleep on the circadian rhythm of rectal temperature. *Pflügers Archiv*, 391: 314-318.

10 Anhang

10.1 Anleitung und Erhebungsbogen

Die folgenden Seiten (10.1.1 bis 10.1.14) enthalten Unterlagen, die die Probanden dieser Untersuchung zu Beginn des Untersuchungszeitraums zu ihrer Information ausgehändigt bekamen. Es handelt sich um Anleitungen zur Datensammlung bzw. Messung der Variablen der Time-Budget-Studie (Schlafzeit, Schlafqualität, Arbeitszeit), der Befindlichkeit nach der Eigenschaftswörterliste (EWL-N), der Müdigkeit und der Mundbodentemperatur.

10.1.1 Anleitung und Erhebungsbogen

INSTITUT FÜR ARBEITSPHYSIOLOGIE
AN DER UNIVERSITÄT DORTMUND

D-4600 DORTMUND 1
ARDEYSTRASSE 67
TEL. (0231) 1084 301

Prof. Dr. Dr. J. Rutenfranz

Dez. 1984

Hinweise zur Untersuchung von Jahresrhythmen

Mit dieser Erhebung sollen tageszeitliche und jahreszeitliche Schwankungen der Befindlichkeit, der Schlafqualität und der Körpertemperatur untersucht werden.

Die Daten werden anonym, d. h. ohne Namensnennung, ausgewertet.

Wir bitten Sie, alle 4 Wochen während einer 48-Stunden-Periode die folgenden Daten zu sammeln:

Tagesprotokoll

1. Schlafzeit

Hier tragen Sie bitte ein, wann Sie zu Bett gegangen sind, und wann Sie das Bett verlassen haben (getrennt nach Tag- und Nachtschlaf).

2. Schlafqualität

Nach jedem Schlaf sollten Sie die Frage nach der Schlafqualität beantworten. Bitte machen Sie dazu einen senkrechten Strich auf der Linie "Sehr schlecht"  "Sehr gut". Wenn Sie mehrmals am Tage schlafen, bewerten Sie bitte jede einzelne Schlafperiode, auch wenn sie nur sehr kurz ist.

10.1.2 Anleitung und Erhebungsbogen

- 2 -

3. Arbeitszeit

Hier tragen Sie bitte die Uhrzeit ein, wann die Arbeit begonnen hat und wann Sie aufgehört haben. In dieser Zeit sollten die kurzen Pausen enthalten sein.

Temperatur und Befindlichkeit

In 4 Stunden-Abständen

(0.00, 4.00, 8.00, 12.00, 16.00, 20.00, 24.00, 4.00, 8.00, 12.00, 16.00, 20.00, 24.00 Uhr)

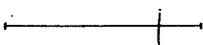
sollen die folgenden Messungen vorgenommen werden:

1. Befindlichkeit

Gehen Sie jeweils immer alle Wörter der Eigenschaftswörterliste nacheinander durch, und entscheiden Sie sofort bei jedem Wort, ob es für Ihr augenblickliches Befinden zutrifft oder nicht. Beachten Sie dazu bitte die besondere Fragebogenanweisung.

2. Müdigkeit

Zu jedem dieser Meßzeitpunkte sollten Sie die Frage nach Ihrer augenblicklichen Müdigkeit beantworten. Bitte machen Sie dazu einen senkrechten Strich auf der Linie

"sehr müde"  "hellwach"

10.1.3 Anleitung und Erhebungsbogen

- 3 -

3. Mundtemperatur

Führen Sie die Mundtemperaturmessung (alle 4 Std.) bitte im Sitzen durch.

Halten Sie das Thermometer mindestens 5 Minuten lang unter der Zunge im geschlossenen Mund.

Tragen Sie bitte das genaue Meßergebnis (siehe dazu Ablesebeispiel) und die Uhrzeit des Meßbeginns in das vorgesehene Formular ein.

Auf den folgenden Seiten dieser Informationsmappe finden Sie detaillierte Erläuterungen und Beispiele zur Untersuchungsdurchführung.

Greifen Sie bitte auf diese Informationen zurück, wenn Sie die monatlichen Messungen durchführen.

Wir danken Ihnen für Ihre Mitarbeit!

Bei Unklarheiten oder wenn Sie Informationen über Ziel und Zweck der Untersuchung wünschen, wenden Sie sich bitte an Herrn Wortmann.

10.1.5 Anleitung und Erhebungsbogen

2. Tag

Nachtschlaf Wann sind Sie heute morgen
aufgestanden? _____ Uhr
Wie gut haben Sie geschlafen?
|-----|
sehr schlecht sehr gut

Arbeit von _____ Uhr bis _____ Uhr
von _____ Uhr bis _____ Uhr
von _____ Uhr bis _____ Uhr

Tagschlaf von _____ Uhr bis _____ Uhr
Wie gut haben Sie geschlafen?
|-----|
sehr schlecht sehr gut

Nachtschlaf Wann sind Sie am 2. Tag
zu Bett gegangen? _____ Uhr

3. Tag

Nachtschlaf Wann sind Sie heute morgen
aufgestanden? _____ Uhr
Wie gut haben Sie geschlafen?
|-----|
sehr schlecht sehr gut

10.1.6 Anleitung und Erhebungsbogen

Name

Vorname

Datum

Uhrzeit

Eigenschaftswörterliste (EWL-N)

Dies ist eine Liste von Wörtern, mit denen man beschreiben kann, wie man sich augenblicklich fühlt.

Gehen Sie alle Wörter der Liste nacheinander durch, und entscheiden Sie sofort bei jedem Wort, ob es für Ihr augenblickliches Befinden zutrifft oder nicht.

Trifft das Wort für Ihr augenblickliches Befinden zu, so machen Sie bitte ein Kreuz in den Kreis hinter „trifft zu“.

Trifft das Wort für Ihr augenblickliches Befinden nicht zu, so machen Sie bitte ein Kreuz in den Kreis hinter „trifft nicht zu“.

Es ist wichtig, daß Sie folgende Punkte beachten:

1. Beurteilen Sie nur, wie Sie sich **augenblicklich** fühlen. Es kommt nicht darauf an, wie Sie sich allgemein oder gelegentlich fühlen, sondern ob das Wort für Sie **augenblicklich** zutrifft oder nicht.
2. Überlegen Sie bitte nicht, welche Antwort den besten Eindruck machen könnte. Antworten Sie so, wie Ihr Befinden **augenblicklich** ist.
3. Denken Sie nicht lange über ein Wort nach, sondern geben Sie bitte die Antwort, die Ihnen unmittelbar in den Sinn kommt.
4. Sollte Ihnen die Antwort einmal schwerfallen, so entscheiden Sie sich für die Antwortmöglichkeit, die am **ehesten** zutreffen könnte.
5. Bitte lassen Sie kein Wort aus. Entscheiden Sie sich immer sofort.

Auf der nächsten Seite finden Sie einige Beispielwörter. Bearbeiten Sie zuerst einmal diese.

10.1.7 Anleitung und Erhebungsbogen

Bitte im folgenden so ankreuzen:

trifft zu
trifft zu

trifft nicht zu
trifft nicht zu

schlapp	trifft zu <input type="radio"/>	trifft nicht zu <input type="radio"/>
zufrieden	trifft zu <input type="radio"/>	trifft nicht zu <input type="radio"/>
ruhig	trifft zu <input type="radio"/>	trifft nicht zu <input type="radio"/>
ungeduldig	trifft zu <input type="radio"/>	trifft nicht zu <input type="radio"/>

Haben Sie noch irgendwelche Fragen?

Nochmals die wichtigsten Punkte:

1. Antworten danach, wie Sie sich **augenblicklich** fühlen!
2. Sich sofort, möglichst schnell, bei jedem Wort entscheiden!
3. Wenn die Antwort schwerfällt, für diejenige Antwortmöglichkeit entscheiden, die am ehesten zutreffen könnte!
4. Kein Wort auslassen!

Bitte blättern Sie um!

10.1.8 Anleitung und Erhebungsbogen

- 1 -



- | | | | | | |
|----|--------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| 1 | tatkräftig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 2 | tiefsinnig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 3 | gesprächig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 4 | nachlässig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 5 | bekommen | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 6 | unbeschwert | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 7 | einsilbig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 8 | wütend | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 9 | schläfrig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 10 | froh | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 11 | ruhelos | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 12 | wehmütig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 13 | resolut | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 14 | aufgeregt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 15 | blendend | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 16 | todmüde | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 17 | glücklich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 18 | ungesellig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 19 | temperamentlos | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 20 | ärgerlich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 21 | unermüdlich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 22 | depressiv | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 23 | wachsam | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 24 | traurig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 25 | erregbar | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 26 | dösig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 27 | teilnahmslos | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 28 | anhänglich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 29 | unglücklich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 30 | einsiedlerisch | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 31 | verletzbar | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 32 | eifrig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 33 | benebelt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 34 | sorgenfrei | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |



Bitte blättern Sie um!

10.1.9 Anleitung und Erhebungsbogen

- 2 -

-
- | | | | | | |
|----|----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| 35 | zappelig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 36 | ängstlich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 37 | wortkarg | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 38 | agil | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 39 | trist | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 40 | romantisch | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 41 | ausgezeichnet | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 42 | beständig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 43 | schutzbedürftig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 44 | energielos | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 45 | unausgeglichen | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 46 | gedankenvoll | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 47 | unverzagt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 48 | arbeitslustig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 49 | mutlos | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 50 | ungehalten | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 51 | zerrfahren | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 52 | angenehm | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 53 | abgespannt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 54 | gesellig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 55 | zermüht | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 56 | unbefangen | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 57 | hilflos | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 58 | gereizt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 59 | arbeitsam | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 60 | gedankenverloren | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 61 | elend | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 62 | angsterfüllt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 63 | ausdauernd | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 64 | befriedigt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 65 | erregt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 66 | angesäuselt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 67 | interessiert | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 68 | abgesondert | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
-

10.1.10 Anleitung und Erhebungsbogen

- 3 -

- 69 unberechenbar trifft zu trifft nicht zu
- 70 emsig trifft zu trifft nicht zu
- 71 sorgenvoll trifft zu trifft nicht zu
- 72 kraftlos trifft zu trifft nicht zu
- 73 berauscht trifft zu trifft nicht zu
- 74 betriebsam trifft zu trifft nicht zu
- 75 trübsinnig trifft zu trifft nicht zu
- 76 faul trifft zu trifft nicht zu
- 77 heiter trifft zu trifft nicht zu
- 78 träge trifft zu trifft nicht zu
- 79 offen trifft zu trifft nicht zu
- 80 rastlos trifft zu trifft nicht zu
- 81 aufmerksam trifft zu trifft nicht zu
- 82 selbstsicher trifft zu trifft nicht zu
- 83 besinnlich trifft zu trifft nicht zu
- 84 fahrig trifft zu trifft nicht zu
- 85 bedauernswert trifft zu trifft nicht zu
- 86 verärgert trifft zu trifft nicht zu
- 87 aktiv trifft zu trifft nicht zu
- 88 schreckhaft trifft zu trifft nicht zu
- 89 unständig trifft zu trifft nicht zu
- 90 beschwingt trifft zu trifft nicht zu
- 91 abgearbeitet trifft zu trifft nicht zu
- 92 zutraulich trifft zu trifft nicht zu
- 93 verstört trifft zu trifft nicht zu
- 94 passiv trifft zu trifft nicht zu
- 95 verschlossen trifft zu trifft nicht zu
- 96 entschieden trifft zu trifft nicht zu
- 97 unbesorgt trifft zu trifft nicht zu
- 98 trüb trifft zu trifft nicht zu
- 99 verträumt trifft zu trifft nicht zu
- 100 tüchtig trifft zu trifft nicht zu
- 101 kribbelig trifft zu trifft nicht zu
- 102 denkfaul trifft zu trifft nicht zu

Bitte blättern Sie um!

10.1.11 Anleitung und Erhebungsbogen

- 4 -



- | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| 103 lustig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 104 bedepert | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 105 menschenfreundlich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 106 schwerfällig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 107 frohgemut | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 108 ratlos | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 109 energisch | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 110 kontaktfreudig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 111 empfindlich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 112 versonnen | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 113 übermütig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 114 gründlich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 115 aggressiv | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 116 abgekapselt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 117 langsam | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 118 freudig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 119 besoffen | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 120 reizbar | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 121 schöpferisch | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 122 beschaulich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 123 deprimiert | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 124 geistesabwesend | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 125 selbstzufrieden | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 126 erschöpft | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 127 zaghaft | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 128 betrübt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 129 geschäftig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 130 durchgedreht | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 131 gutgelaunt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 132 angetrunken | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 133 lahm | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 134 schwermütig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 135 nervös | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 136 freigiebig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |



10.1.12 Anleitung und Erhebungsbogen

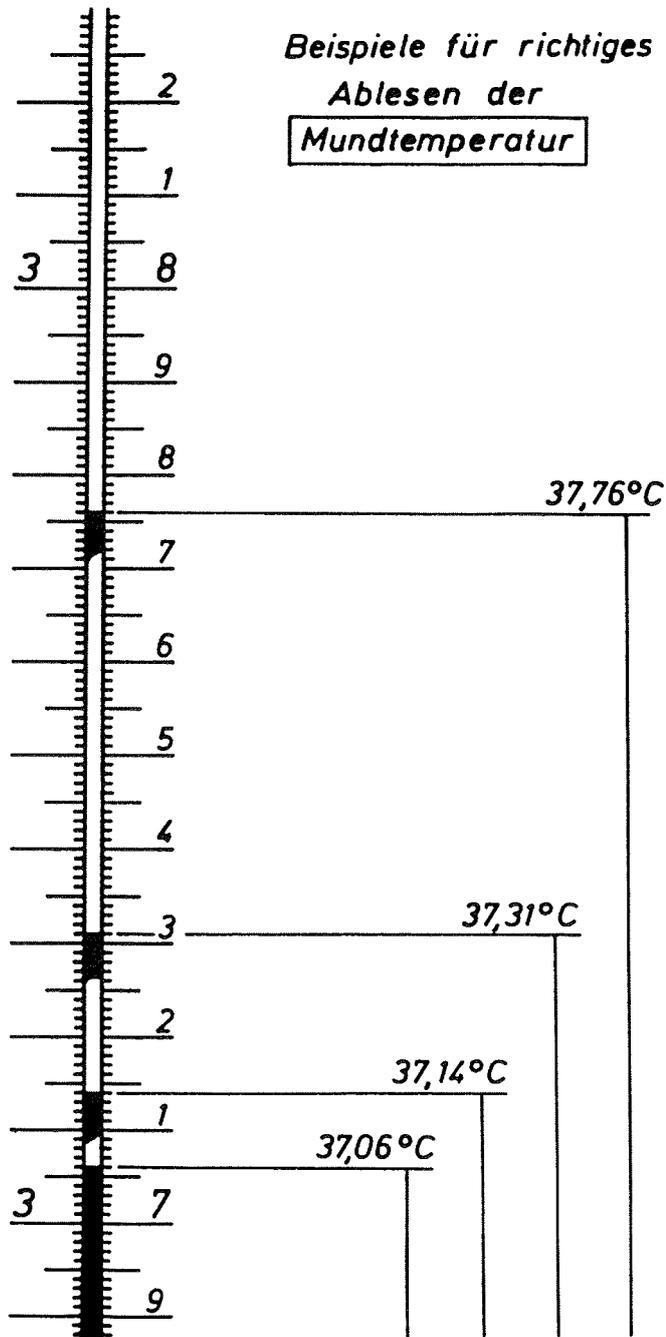
- 5 -



- | | | | | | |
|-----|---------------------------|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| 137 | gedrückt | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 138 | müde | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 139 | oppositionell | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 140 | fröhlich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 141 | entschlußfähig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 142 | menschenscheu | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 143 | behäbig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 144 | unbekümmert. | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 145 | schlaftrunken | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 146 | düster | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 147 | arbeitsfähig | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 148 | verwundbar | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 149 | träumerisch | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 150 | zufrieden | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 151 | einschläfernd | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 152 | furchtsam | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 153 | beschwipst | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 154 | konzentriert | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 155 | anschmiegsam | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 156 | pessimistisch | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 157 | lasch | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 158 | verkrampft | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 159 | überschwenglich | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 160 | sentimental | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |
| 161 | behende | trifft zu | <input type="radio"/> | trifft nicht zu | <input type="radio"/> |



Bitte blättern Sie um!



10.2 Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N

Die Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N wurden der Eigenschaftswörterliste (Janke, Debus 1978) entnommen. Durch sie werden die Subskalen bezeichnet, die zu den 6 Befindlichkeitsbereichen der EWL zusammengeführt werden. (Siehe Kapitel 5.2.3.1: *Hinweise zur Eigenschaftswörterliste EWL-N*). In dieser Untersuchung wurde nur auf die Bereiche, nicht auf die einzelnen Subskalen eingegangen. Die Kenntnis der Kurzcharakteristika mag bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse als Orientierungshilfe dienen.

Kurzcharakteristika der Subskalen der EWL-N

(aus: Janke, Debus 1978, EWL):

Aktiviertheit (A)

Befindensmerkmal, das charakterisiert ist durch lustbetonte Aktivität, die vorwiegend leistungsbezogen, aber auch umweltorientiert (Beziehung zu Extravertiertheit) ist und ganzheitlich somatische und psychische Aktivitätsaspekte einschließt. Ein hoher Wert in A beschreibt den Bereich des "optimalen Aktivierungsniveaus" (optimal level of arousal), ein Zustand mit größtmöglicher Leistungseffizienz und Wohlbehagen. Enge Beziehung zu Konzentriertheit, weiterhin zu Extravertiertheit, Selbstsicherheit und Gehobene Stimmung.

Konzentriertheit (B)

Befindensmerkmal, das durch vornehmlich auf perzeptive und kognitive Leistungen bezogene intensive und ausdauernde psychische Aktivität charakterisiert ist. Enge Beziehung zu Aktiviertheit, mit der es einen Funktionskomplex "Leistungsbezogene Aktivität" bildet.

Desaktiviertheit (C)

Befindensmerkmal, das durch Aktivitätsminderung sowohl hinsichtlich Leistung als auch Umwelt (Beziehung zu Introvertiertheit!) gekennzeichnet ist. Diese Aktivitätsminderung ist eng verknüpft mit dem Gefühl allgemeiner Beeinträchtigung der Leistungsbereitschaft und -fähigkeit im Sinne des Nicht-mehr-könnens und des Nicht-mehr-wollens. Die von der Subskala erfaßte körperliche und psychische Desaktivität ist verknüpft mit allgemeiner emotionaler Labilisierung. Engste Beziehung zur Müdigkeit, mit der es einen Faktor bildet. Enge Beziehungen zu Deprimiertheit und Introvertiertheit.

Müdigkeit (D)

Befindensmerkmal, das durch eine unlustbetonte, vor allem auch körperlich empfundene Aktivitätsminderung gekennzeichnet ist und typischerweise nach starker körperlicher und psychischer Beanspruchung stark ausgeprägt ist. Noch stärker als in der Subskala C tritt der Aspekt des Abgespanntseins, des Nicht-mehr-könnens, des Erschöpftseins hervor.

Engste Beziehung zu Desaktiviertheit und Benommenheit, mit denen zusammen ein Komplex "Allgemeine Desaktivität" gebildet wird. Enge Beziehungen zu Deprimiertheit und Introvertiertheit.

Benommenheit (E)

Befindensmerkmal, das gekennzeichnet ist durch allgemeines Unwohlsein, fehlende gedankliche Klarheit und motorische Kontrolle und das in typischer Weise nach der Verabreichung sedierender Substanzen (z.B. Alkohol, Schlafmittel) zu beobachten ist (Rauschzustand, Hangover). Enge Beziehung zu Müdigkeit.

Extravertiertheit (F)

Befindensmerkmal, das die aktuelle erlebnismäßige Variante des habituellen Persönlichkeitsmerkmals Extraversion mit dem Gegenpol Introvertiertheit darstellt und das sehr verschiedenartige Aspekte, wie z.B. soziale Initiative (kontaktfreudig), Zykllothymie (anschmiegsam) und Überschwenglichkeit (gesprächig) umfaßt.

Der durch die Subskala Introvertiertheit erfaßte Befindlichkeitsaspekt ist nur partiell als Gegenpol zur Extravertiertheit zu sehen. Aus diesem Grund bilden die Subskalen Extravertiertheit und Introvertiertheit nur unter bestimmten Bedingungen eine gemeinsame bipolare Befindensdimension.

Enge Beziehung zu Aktiviertheit, Selbstsicherheit und Stimmung.

Introvertiertheit (G)

Befindensmerkmal, das die aktuelle erlebnismäßige Variante des Persönlichkeitsmerkmals Introversion mit dem Gegenpol Extravertiertheit darstellt und wie Extravertiertheit verschiedene Aspekte umfaßt, wie soziale Zurückgezogenheit (ungesellig) und fehlende Mitteilbarkeit (wortkarg).

Der von der Subskala Extravertiertheit erfaßte Befindlichkeitsaspekt ist nur partiell als Gegenpol zur Introvertiertheit zu sehen. Aus diesem Grund bilden die Subskalen Extravertiertheit und Introvertiertheit nur unter bestimmten Bedingungen eine gemeinsame bipolare Befindensdimension.

Enge Beziehung zu Desaktiviertheit und Deprimiertheit.

Selbstsicherheit (H)

Befindensmerkmal, das gekennzeichnet ist durch das Fehlen von Befindensbeeinträchtigungen (z.B. sorglos, unbekümmert), deshalb lustbetont, jedoch nicht mit Euphorie (Freude) verbunden ist.

Engste Beziehung zu Gehobene Stimmung, mit der es einen mit "Allgemeines Wohlbehagen" zu bezeichnenden Bereich bildet. Enge Beziehung zu Extravertiertheit/Introvertiertheit und Aktiviertheit.

Gehobene Stimmung (I)

Befindensmerkmal, das primär die Lustkomponente des Befindens erfasst und deshalb enge Beziehungen zu leistungsbezogener Aktivität (Aktiviertheit) und extravertiertem Verhalten (Extravertiertheit) hat. Engste Beziehung zu Selbstsicherheit, mit der es einen als "Allgemeines Wohlbehagen" zu bezeichnenden Bereich bildet. Enge Beziehung zu Aktiviertheit und Extravertiertheit/Introvertiertheit.

Erregtheit (J)

Befindensmerkmal, das gekennzeichnet ist durch unlustbetonte, motorische Unruhe und Verspannung und emotionale Unausgeglichenheit (emotionale Labilisierung), verbunden mit Leistungsinneffizienz. Aktivierungstheoretisch beschreibt J den Bereich der erlebnismäßigen Überaktivierung (overarousal).

Engste Beziehung zu Empfindlichkeit. Enge Beziehung zu Ärger.

Empfindlichkeit (K)

Befindensmerkmal, das engste Beziehungen zu Erregtheit zeigt und von dieser unter bestimmten Bedingungen und bei bestimmten Personen kaum differenziert werden kann. Der von der Subskala Empfindlichkeit erfasste Befindlichkeitsaspekt betont etwas weniger als die Subskala Erregtheit die motorische und unspezifische Seite emotionaler Labilisierung. Enge Beziehung zu Ärger, Ängstlichkeit, Deprimiertheit und Verträumtheit.

Ärger (L)

Befindensmerkmal, das sich auf den erlebnismäßigen Aspekt aggressiven Verhaltens bezieht.

Enge Beziehung zu Erregtheit und Empfindlichkeit.

Ängstlichkeit (M)

Befindensmerkmal, das alle erlebnismäßigen Abstufungen von aktueller Angst enthält. Engste Beziehung zur Deprimiertheit, mit der es den Bereich "Angst" bildet. Enge Beziehung zu Erregtheit, Empfindlichkeit und Ärger.

Deprimiertheit (N)

Befindensmerkmal, das primär die Unlustkomponente des Befindens mit breitem Bezug zu anderen Befindensmerkmalen (Desaktiviertheit, Introvertiertheit, Erregtheit) erfasst.

Sehr enge Beziehung zu Ängstlichkeit, mit der die Subskala einen Bereich bildet. Enge Beziehung zu Desaktiviertheit, Introvertiertheit, Erregtheit, Verträumtheit.

Verträumtheit (O)

Befindensmerkmal, das in der Literatur als "gedankliche Introversion" bezeichnet wird.

Enge Beziehung zu Ängstlichkeit und Deprimiertheit.

10.3 Time-Budget-Studien

Die fünf Abbildungen der folgenden Seiten zeigen für die einzelnen Probanden die Originalzeiten der in den Time-Budget-Studien bestimmten Größen (Schlafzeiten, Arbeitszeiten). Die Freizeit (einschließlich Essenszeiten) ergibt sich aus den angabefreien Zeiten.

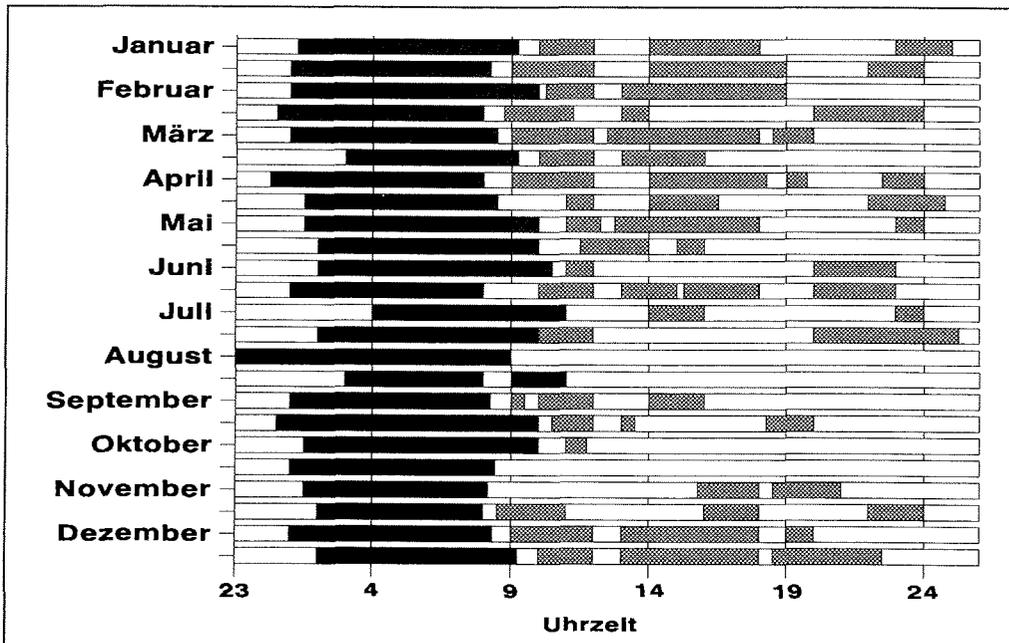
Es sind nur die Schlafzeiten der ersten und zweiten Nacht sowie die Tagschlafzeiten und Arbeitszeiten des ersten und zweiten Tages einer jeden Meßperiode berücksichtigt.

Für den Untersuchungszeitraum (12 Monate) erhalten wir pro Proband insgesamt 24 Meßtage. Diese 24 Meßtage sind für jeden Probanden untereinander aufgeführt.

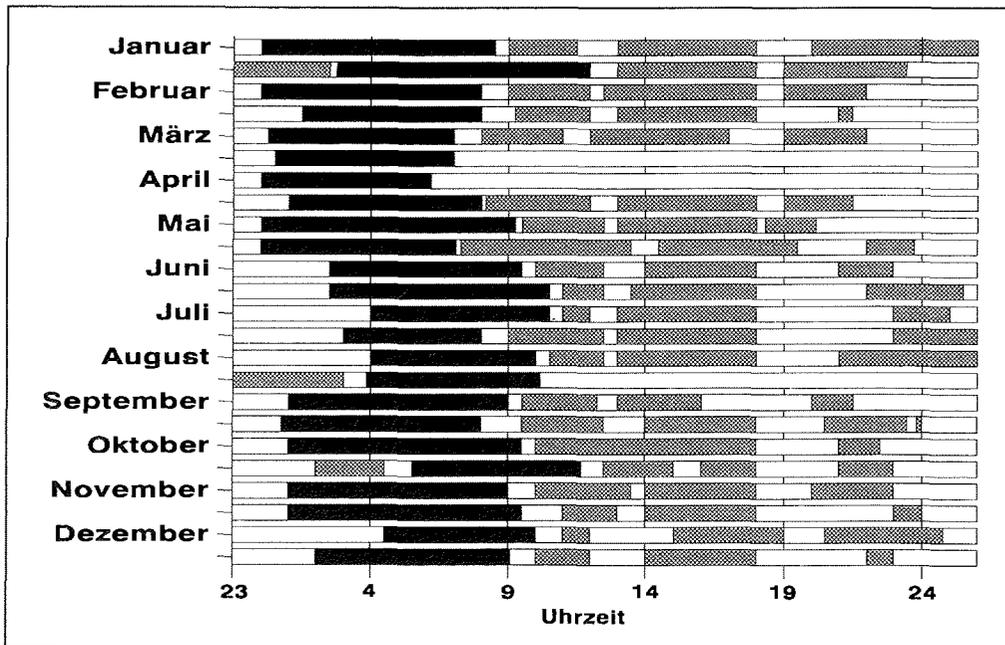
Bei VP-2 kommen sehr spät liegende Arbeitszeiten vor. In zwei Fällen (Januar und August) sind die Balken für die Arbeitszeit von der Zeile für den ersten Tag zur Zeile des zweiten Tages der Meßperiode fortgesetzt.

Zeichenerklärung: Schlafzeiten: 
 Arbeitszeiten: 
 Freie Zeiten: 

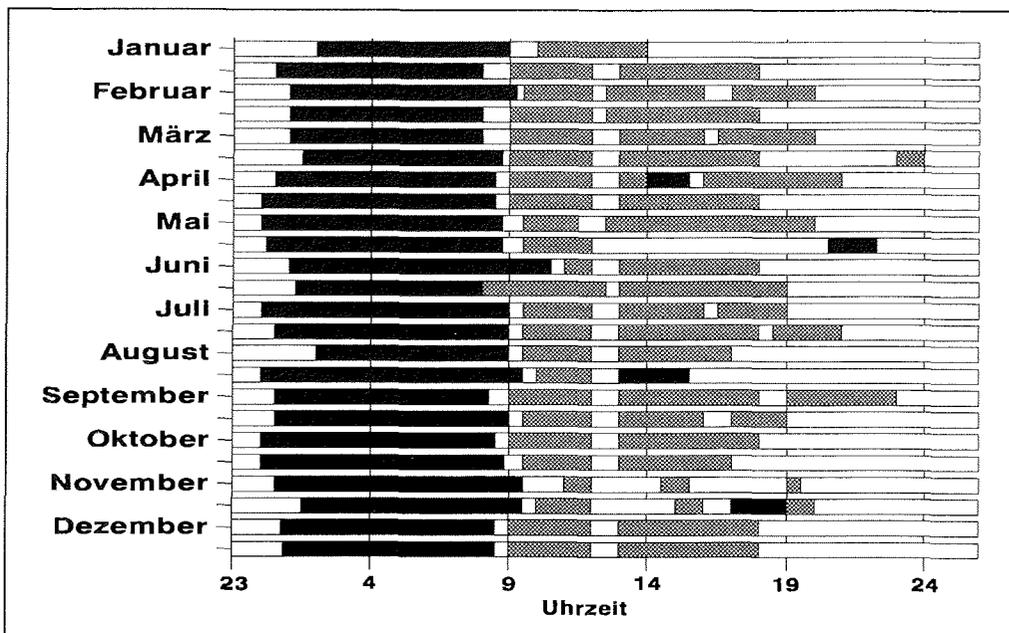
Time-Budget-Studie der VP-1:



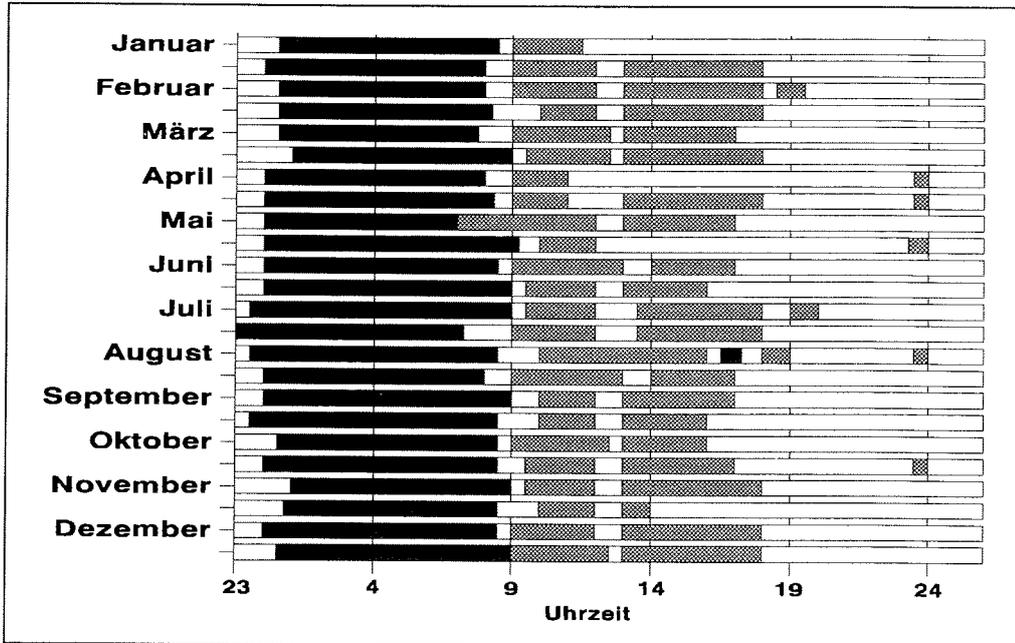
Time-Budget-Studie der VP-2:



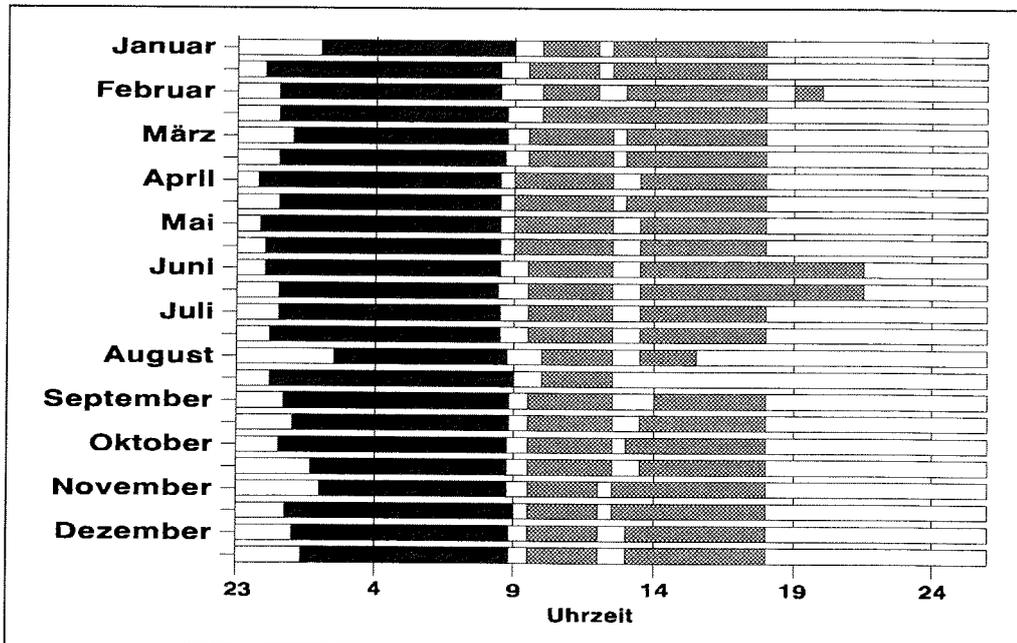
Time-Budget-Studie der VP-3:



Time-Budget-Studie der VP-4:



Time-Budget-Studie der VP-5:



10.4 Vergleiche der Variablen untereinander

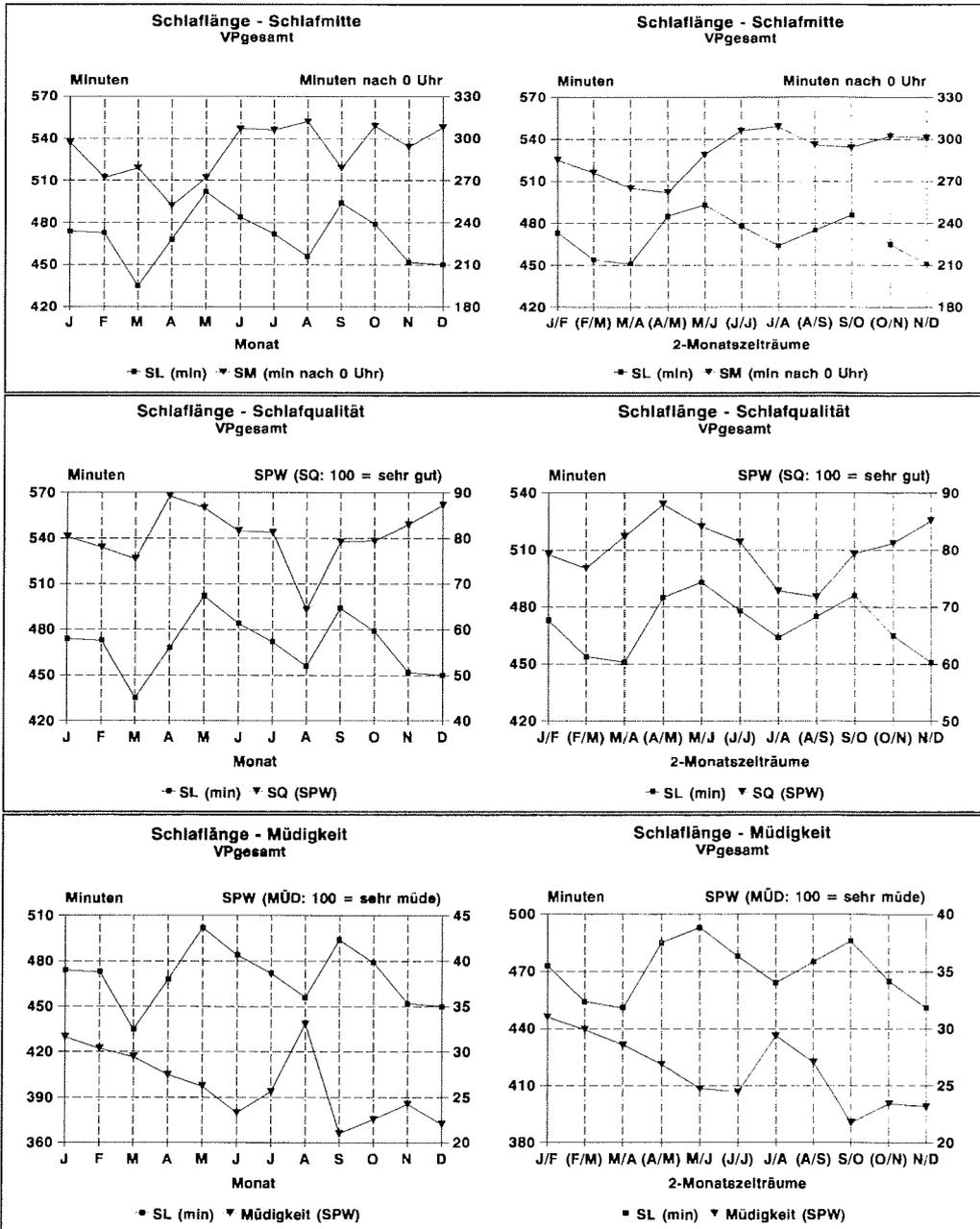
Folgende Variable werden zueinander in Beziehung gesetzt:

Schlaflänge, Schlafmitte, Schlafqualität und Müdigkeit
(arithm. Mittel, 1- und 2-Monatsfenster),
Schlaflänge (arithm. Mittel, 2-Monatsfenster)
mit "MB-Temp" und "LA" (Mesoren, Amplituden, Akrophasen),
Schlaflänge (arithm. Mittel, 4-Monatsfenster)
mit "AD" und "E/I" (Mesoren, Amplituden, Akrophasen),
Schlafmitte (arithm. Mittel, 2-Monatsfenster)
mit "MB-Temp" und "LA" (Mesoren, Amplituden, Akrophasen),
Schlafmitte (arithm. Mittel, 4-Monatsfenster)
mit "AD" und "E/I" (Mesoren, Amplituden, Akrophasen),
Müdigkeit (arithm. Mittel, 2-Monatsfenster)
mit "MB-Temp" und "LA" (Mesoren, Amplituden, Akrophasen),
Müdigkeit (arithm. Mittel, 4-Monatsfenster)
mit "AD" und "E/I" (Mesoren, Amplituden, Akrophasen),
MB-Temperatur (Mesoren, Amplituden, Akrophasen, 2-Monatsfenster)
mit "LA" (Mesoren, Amplituden, Akrophasen),
MB-Temperatur (Mesoren, Amplituden, Akrophasen, 4-Monatsfenster)
mit "AD" und "E/I" (Mesoren, Amplituden, Akrophasen).

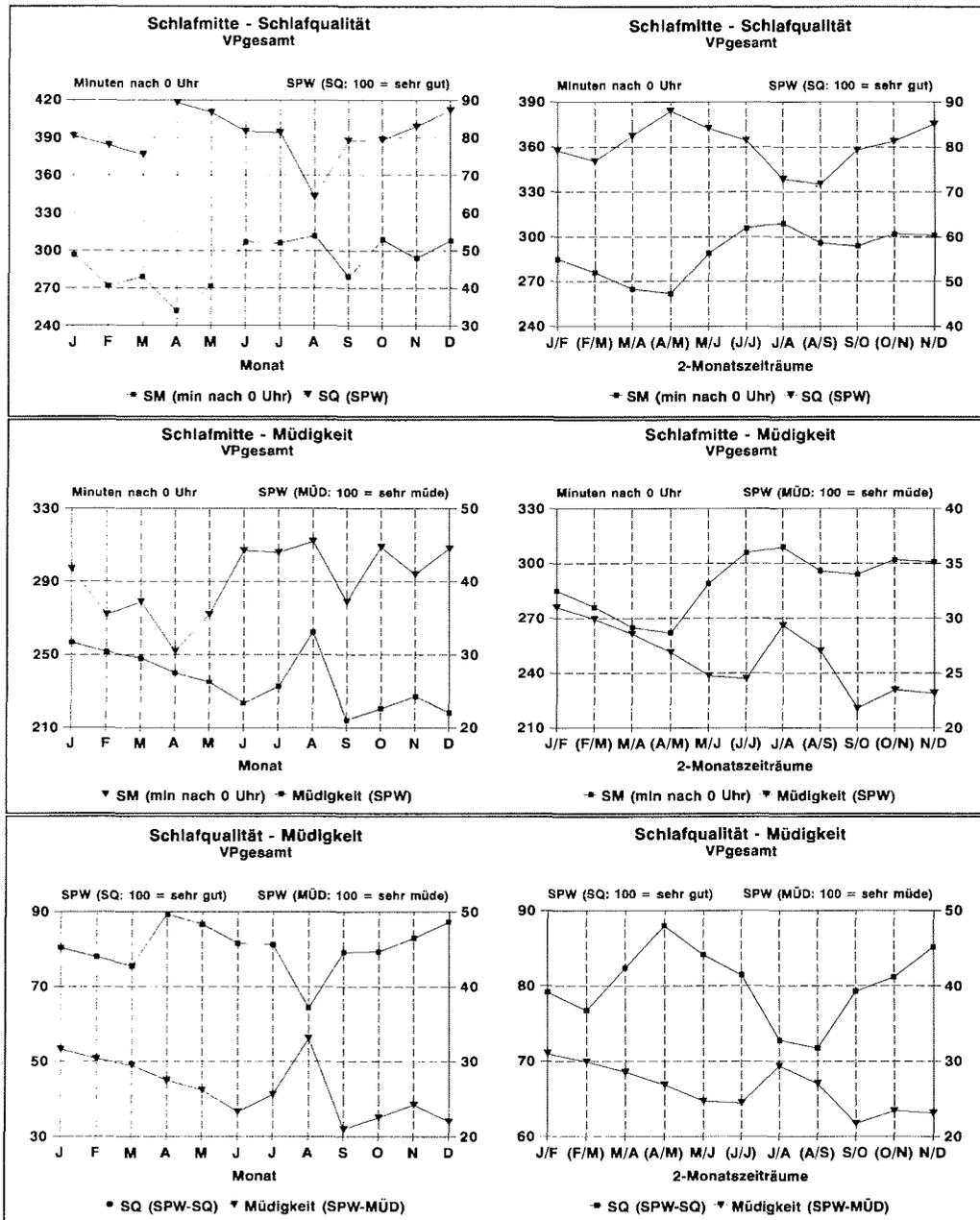
In Bezug auf die Circadianrhythmik interessieren insbesondere die Vergleiche der Schlafmitten mit den Akrophasen der mit der Cosinor-Methode untersuchten Variablen und der Akrophasen der Variablen MB-Temperatur, "LA", "AD" und "E/I" untereinander.

Die Vergleiche der Müdigkeit mit den Variablen MB-Temperatur, "LA", "AD" und "E/I" belegen eine Abhängigkeit zwischen der Müdigkeit und den Variablen der EWL.

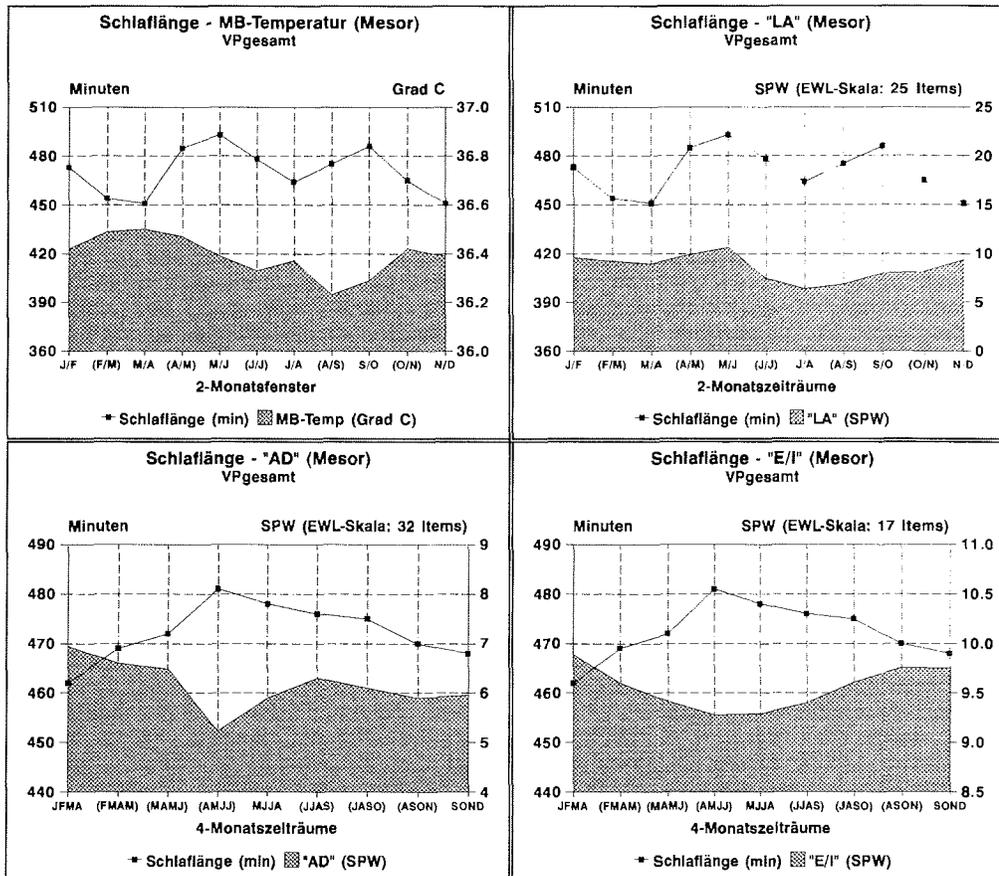
Zur Problematik, die mit der Aussagekraft der Variablen verbunden ist, vergleiche die Kapitel 5.2.1: *Zur Aussagekraft der monatlichen mittleren Mundbodentemperatur*, 5.2.1: *Die 2-monatliche mittlere Mundbodentemperatur*, 5.2.2: *Zur Aussagekraft der monatlichen mittleren Müdigkeit* und 6.4: *Vergleichende Betrachtungen der untersuchten Variablen...*



- 10.4.1 SL - SM (arithm. Mittelwerte, 1- und 2-Monatsfenster):
inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge.
- 10.4.2 SL - SQ (arithm. Mittelwerte, 1- und 2-Monatsfenster):
abgesehen vom Jahresende: paralleler Verlauf ihrer Jahreslinienzüge.
- 10.4.3 SL - Müdigkeit (arithm. Mittelwerte, 1- und 2-Monatsfenster):
abgesehen vom Jahresbeginn: inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge.



- 10.4.4 SM - SQ (arithmetische Mittel, 1- und 2-Monatsfenster):
angedeutet inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge.
- 10.4.5 SM - Müdigkeit (arithmetische Mittel, 1- und 2-Monatsfenster):
angedeutet paralleler Verlauf ihrer Jahreslinienzüge.
- 10.4.6 SQ - Müdigkeit (arithmetische Mittel, 1- und 2-Monatsfenster):
angedeutet inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge.



10.4.7

SL (arithm. Mittel) - MB-Temp (Mesor), in 2-Monatsfenstern:

inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge; die SL fällt im Winter überraschend kurz aus, die MB-Temp liegt in Juli-August auffällig hoch.

(Siehe Kap. 5.1.3.2: *Nachtschlaf, Schlaflänge*, Kap. 5.2.1: *Die 2-monatliche mittlere MB-Temp* und Kap. 5.2.1: *Die Gruppenmesorwerte der MB-Temp*).

SL (arithm. Mittel) - "LA" (Mesor), in 2-Monatsfenstern:

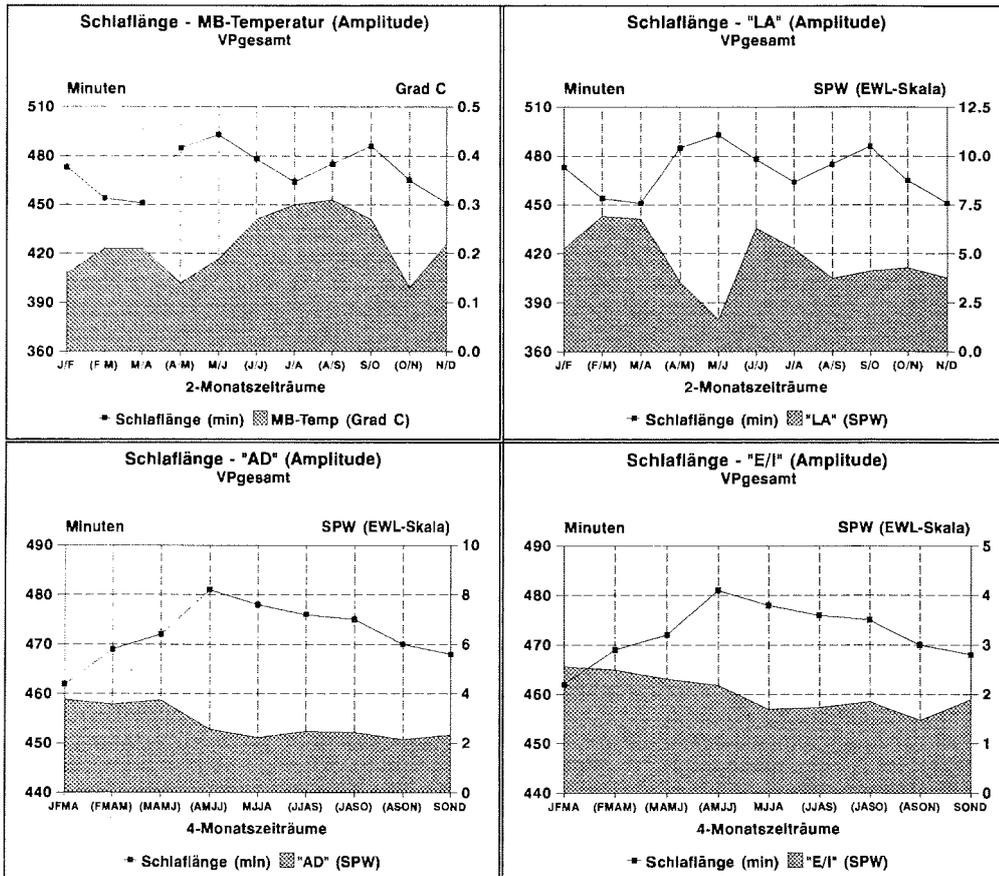
abgesehen vom Jahresende: paralleler Verlauf der Jahreslinienzüge; eine kürzere SL und eine geringer eingeschätzte "LA" fallen zusammen.

SL (arithm. Mittel) - "AD" (Mesor), in 4-Monatsfenstern:

inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge; längere SL ziehen eine geringer eingeschätzte "AD" (in den ersten sechs 4-Monatsfenstern) nach sich.

SL (arithm. Mittel) - "E/I" (Mesor), in 4-Monatsfenstern:

inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge; längere SL ziehen eine geringer eingeschätzte "E/I" nach sich.



10.4.8

SL (arithm. Mittel) - MB-Temp (Amplitude), in 2-Monatsfenstern:

inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge mit nachfolgender Bewegung der MB-Temp-Amplituden in der 2. Jahreshälfte um ein 2-Monatsfenster: kürzeren SL folgen größere Amplituden der MB-Temp.

SL (arithm. Mittel) - "LA" (Amplitude), in 2-Monatsfenstern:

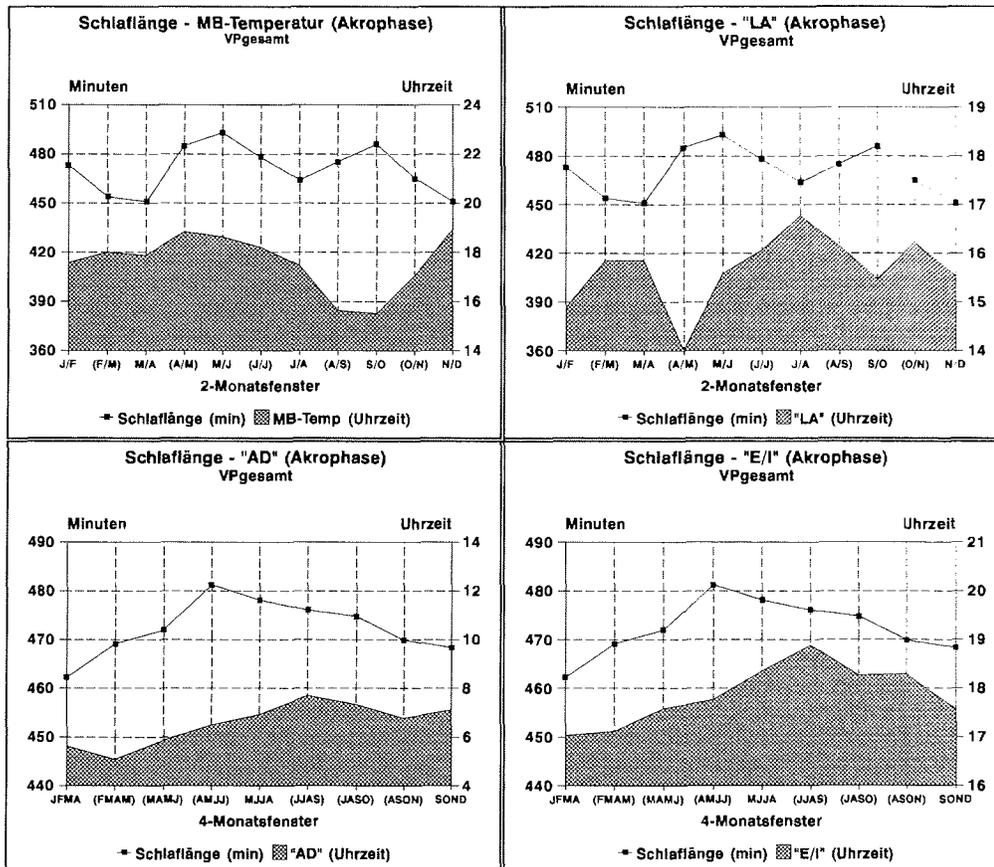
inverser Verlauf der Jahreslinienzüge; die SL folgt in der 2. Jahreshälfte um ein 2-Monatsfenster nach; kürzere SL ziehen höhere Amplituden der "LA" nach sich.

SL (arithm. Mittel) - "AD" (Amplitude), in 4-Monatsfenstern

angedeutet inverser Verlauf der Jahresvariationen: kürzere SL und höhere Amplituden der "AD" fallen in den ersten drei 4-Monatsfenstern zusammen, danach folgen gleichbleibend niedrigere Amplituden der "AD" und längere SL bis (JASO).

SL (arithm. Mittel) - "E/I" (Amplitude), in 4-Monatsfenstern:

schwach angedeutet inverser Verlauf der Jahresvariationen mit nachfolgender Bewegung der "E/I"-Amplituden um ein 4-Monatsfenster.



10.4.9

SL (arithm. Mittel) - MB-Temp (Akrophase), in 2-Monatsfenstern:

die Jahresvariation der MB-Temp-Akrophasen wird besonders im Sommer, Herbst und zum Ende des Frühlings durch Aufenthalte im Freien verfälscht und erscheint dadurch (bezogen auf die zu erwartende Körperkerntemp.-Akrophase) zu spät. (Vergleiche Kapitel 6.4 mit Abbildung 6.5).

Ein Vergleich der SL und der MB-Temp-Akrophasen ist daher wenig sinnvoll.

SL (arithm. Mittel) - "LA" (Akrophase), in 2-Monatsfenstern:

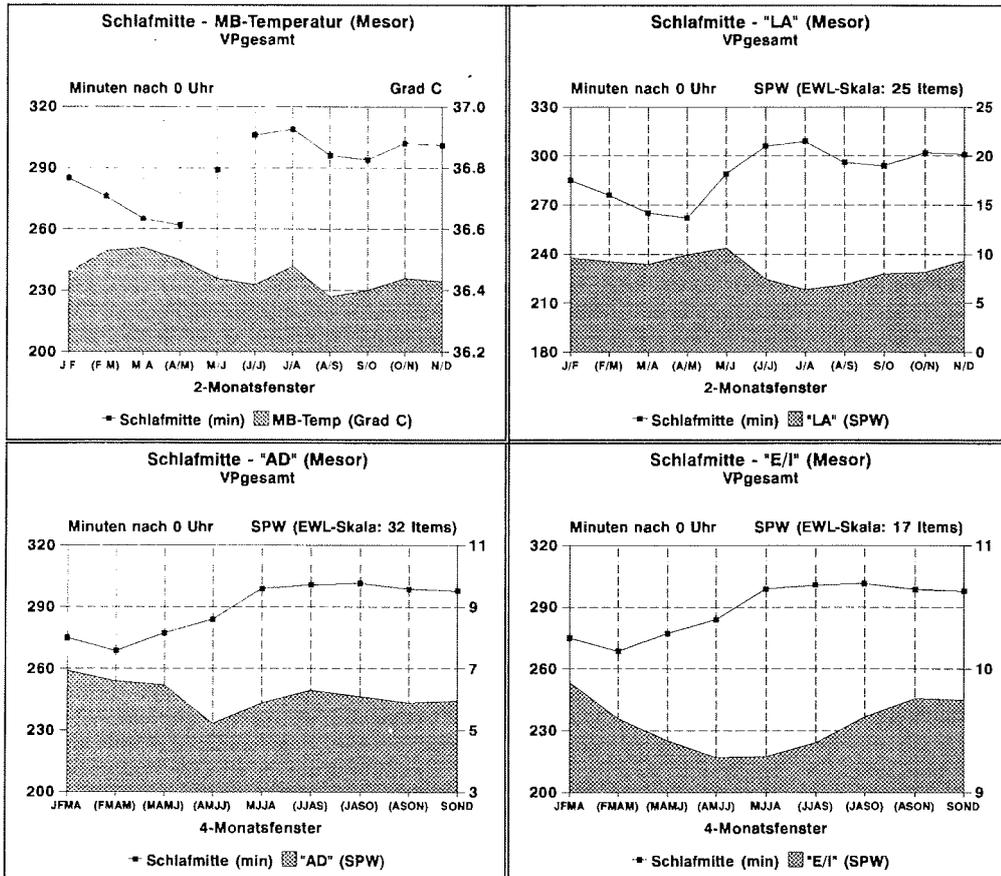
inverser Verlauf ihrer Jahresvariationen: längere SL (und damit verbunden früher liegende SM) fallen mit früher gelegenen und kürzere SL (und damit später liegende SM) mit später eingeschätzten Aktivitätsmaxima zusammen.

SL (arithm. Mittel) - "AD" (Akrophase), in 4-Monatsfenstern

nachfolgende Bewegung der "AD"-Akrophasen um zwei 4-Monatsfenster: im Winter sehen wir längere SL (und damit spätere SM) und später liegende "AD"-Akrophasen.

SL (arithm. Mittel) - "E/I" (Akrophase), in 4-Monatsfenstern:

nachfolgende Bewegung der "E/I"-Akrophasen um zwei 4-Monatsfenster (entsprechend der "AD"-Akrophasen-Verlaufslinie): im Winter treten längere SL (und damit spätere SM) und später liegende "E/I"-Akrophasen zusammen auf.



10.4.10

SM (arithm. Mittel) - MB-Temp (Mesor), in 2-Monatsfenstern:

inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge in den ersten sechs 2-Monatsfenstern, danach parallele Entwicklung. Der MB-Temp-Mesor ist in JA auffällig hoch. (Siehe Kapitel 5.2.1: *Die 2-monatliche mittlere MB-Temp* und *Die Gruppenmesorwerte der MB-Temp*; zur Einschätzung der SM vergl. Kapitel 5.1.3.2: *Schlafmitte*).

SM (arithm. Mittel) - "LA" (Mesor), in 2-Monatsfenstern:

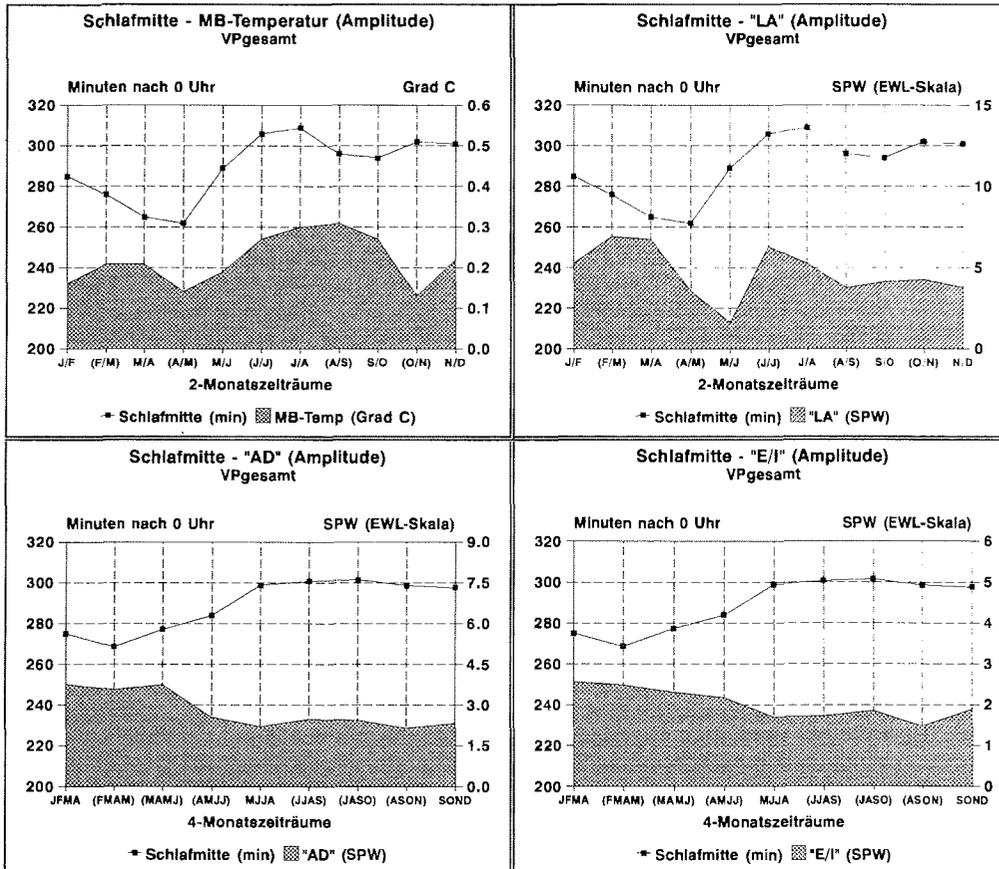
inverser Verlauf der Jahreslinienzüge; einer früher gelegenen SM folgt eine höher eingeschätzte "LA"; "Wintertief" der "LA".

SM (arithm. Mittel) - "AD" (Mesor), in 4-Monatsfenstern:

vom vierten 4-Monatsfenster an: Parallelverlauf ihrer Jahreslinienzüge; spätere SM ziehen eine höher eingeschätzte "AD" (bei allerdings geringer Variationsbreite des Jahresverlaufs der "AD") nach sich; eventuell erhöhte Einschätzung der "AD" in den ersten Monatsfenstern durch die Übergabesituation in der GVN-Station. (Siehe Kapitel 2.1: *Der Aufenthalt in der Antarktis*).

SM (arithm. Mittel) - "E/I" (Mesor), in 4-Monatsfenstern:

nachfolgende Bewegung (drei 4-Monatsfenster) des Verlaufs des Jahreslinienzuges der "E/I", geringe Variationsbreite der monatlichen "E/I"-Mesoren, höhere "E/I" zum Jahresbeginn und zum Jahresende.



10.4.11

SM (arithm. Mittel) - MB-Temp (Amplitude), in 2-Monatsfenstern:

höhere Amplituden der MB-Temp in der 2. Jahreshälfte (besonders im Winter),
 spätere SM in der 2. Jahreshälfte.

SM (arithm. Mittel) - "LA" (Amplitude), in 2-Monatsfenstern:

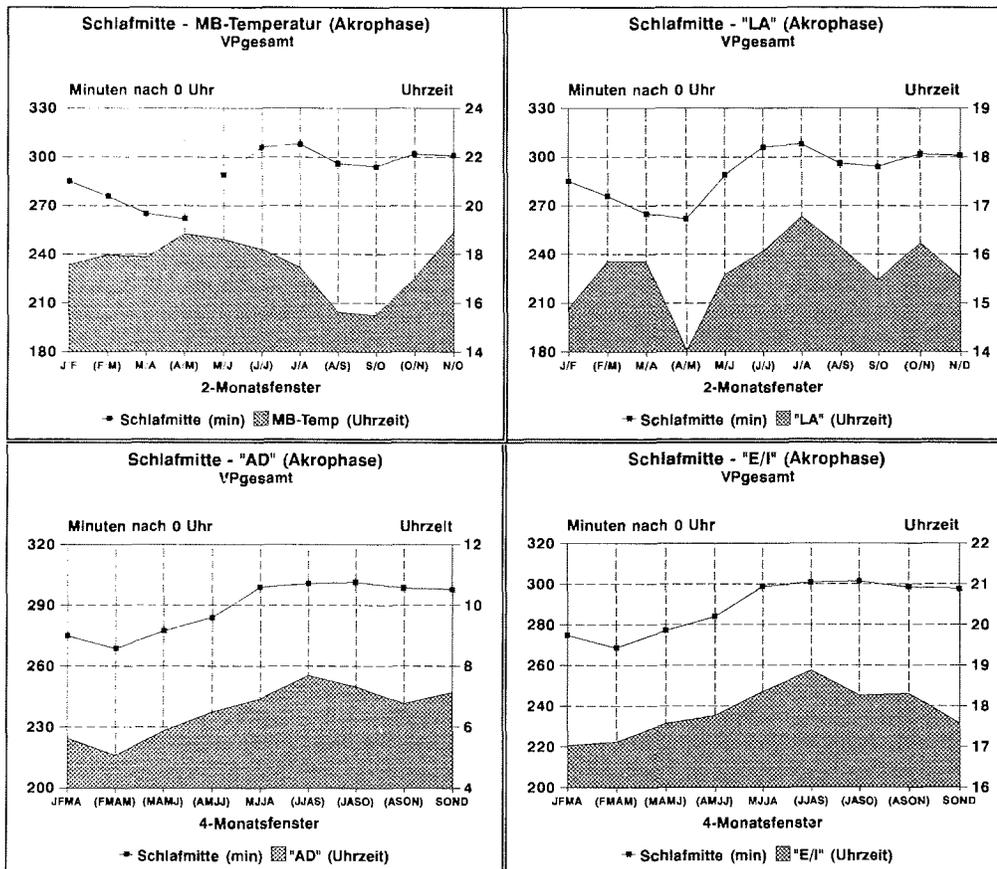
nach dem zweiten 2-Monatsfenster Parallelverlauf ihrer Jahresvariationslinien.

SM (arithm. Mittel) - "AD" (Amplitude), in 4-Monatsfenstern:

inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge; spätere SM werden von kleineren Amplituden
 der "AD" gefolgt.

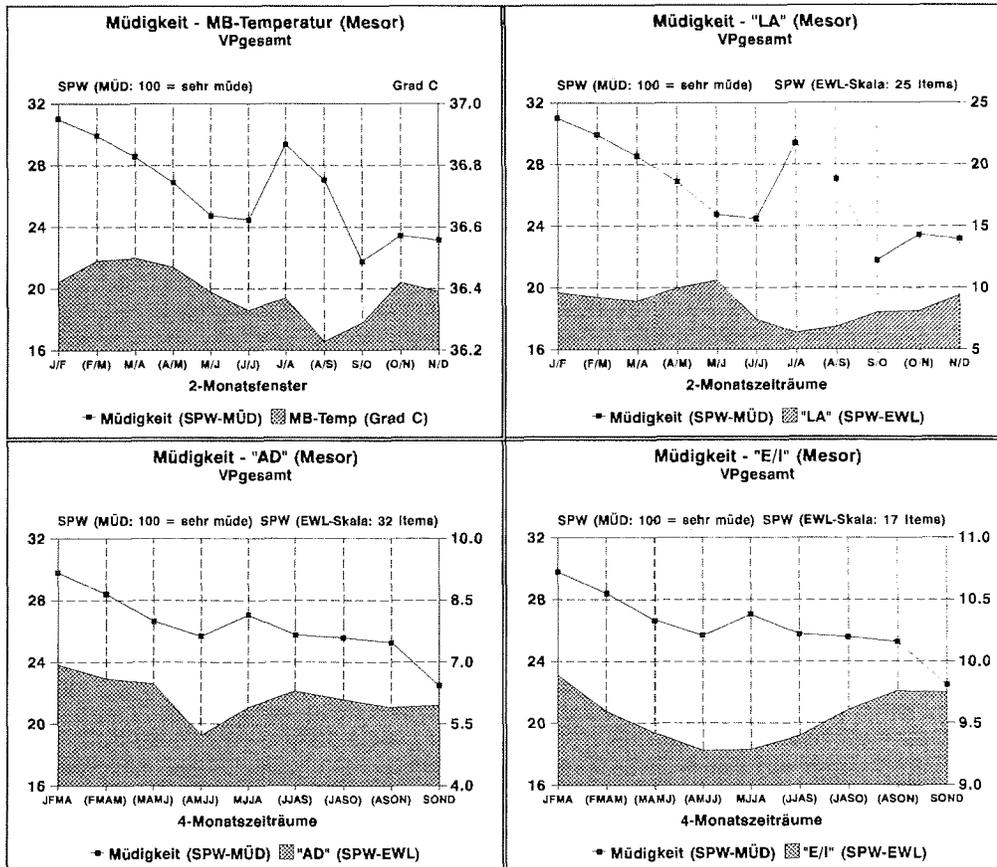
SM (arithm. Mittel) - "E/I" (Amplitude), in 4-Monatsfenstern:

inverser Verlauf ihrer Jahreslinienzüge; spätere SM werden von kleineren Amplituden
 der "E/I" gefolgt.



10.4.12

- SM (arithm. Mittel) - MB-Temp (Akrophase), in 2-Monatsfenstern:
 inverser Verlauf in der 1. Jahreshälfte, paralleler Verlauf in der 2. Jahreshälfte;
 zur Verfälschung der MB-Temp-Akrophasen durch Kälteeinwirkung
 vergleiche Kapitel 6.4. Ein Vergleich ist wenig sinnvoll.
- SM (arithm. Mittel) - "LA" (Akrophase), in 2-Monatsfenstern:
 paralleler Verlauf der Jahresvariationslinienzüge; späte SM und späte
 "LA"-Akrophasen fallen zusammen.
- SM (arithm. Mittel) - "AD" (Akrophase), in 4-Monatsfenstern:
 paralleler Verlauf der Jahresvariationslinienzüge; späte SM und späte
 "AD"-Akrophasen fallen zusammen.
- SM (arithm. Mittel) - "E/I" (Akrophase), in 4-Monatsfenstern:
 paralleler Verlauf der Jahresvariationslinienzüge; späte SM und späte
 "E/I"-Akrophasen fallen zusammen.



10.4.13

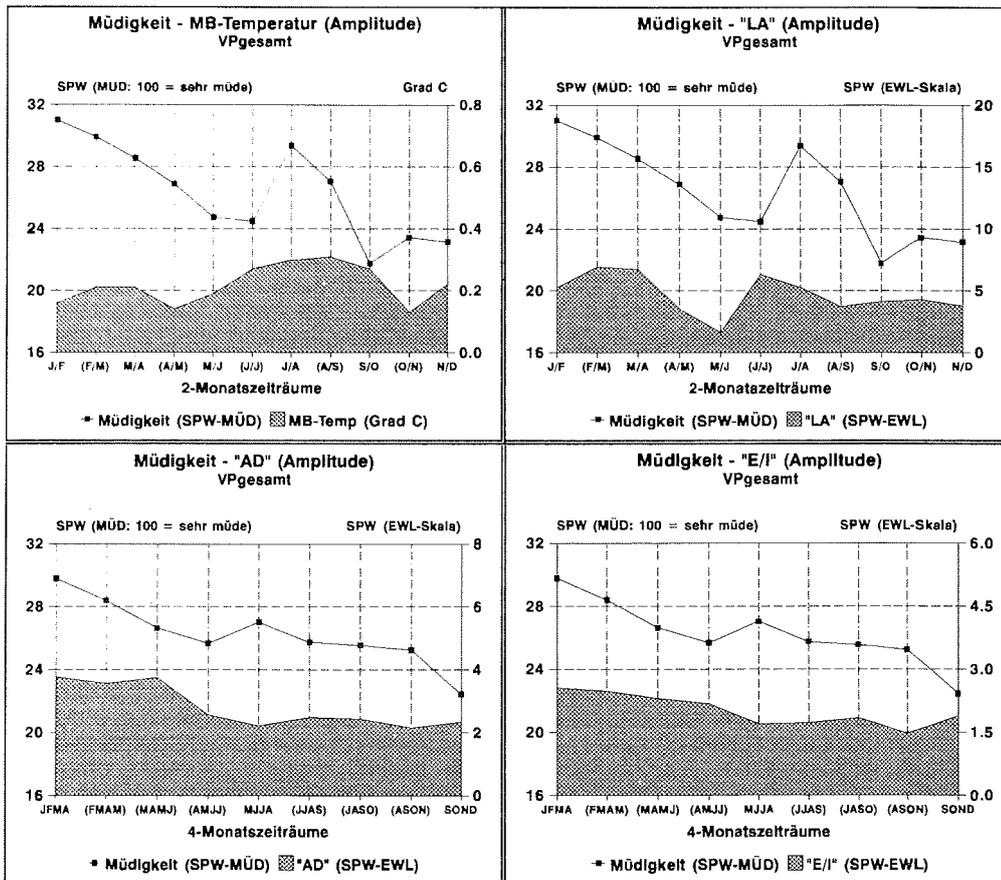
Müdigkeit (arithm. Mittel) - MB-Temp (Mesor), in 2-Monatsfenstern:
parallele Entwicklung der Jahresvariationen; höhere Körpertemperaturen und größere Müdigkeit fallen zusammen.

Müdigkeit (arithm. Mittel) - "LA" (Mesor), in 2-Monatsfenstern:
inverser Verlauf ihrer Jahresvariationen; größere Müdigkeit und geringer eingeschätzte "LA" fallen zusammen.

Müdigkeit (arithm. Mittel) - "AD" (Mesor), in 4-Monatsfenstern:
unregelmäßig paralleler Verlauf ihrer Jahresvariationen bei abnehmenden Werthöhen im Jahresverlauf; eine größer eingeschätzte Müdigkeit fällt mit einer höher eingeschätzten "AD" zusammen.

Müdigkeit (arithm. Mittel) - "E/I" (Mesor), in 4-Monatsfenstern:
parallele Entwicklung der Verlaufslinienzüge in den ersten vier 4-Monatsfenstern, höher eingeschätzte Extraversion zum Jahresbeginn und Jahresende.

Zur Müdigkeit vergleiche Kapitel 5.2.2 (*Zur Aussagekraft der monatlichen mittleren Müdigkeit*): unterschiedliche Meßzeitpunktfrequenzierungen lassen die Müdigkeit in den drei letzten Quartalen des Untersuchungszeitraums in Relation zum ersten Quartal niedriger als erwartet erscheinen.



10.4.14

Müdigkeit (arithm. Mittel) - MB-Temp (Amplitude), in 2-Monatsfenstern:

nicht eindeutig parallele Entwicklung ihrer Jahresverlaufslinienzüge; auf die Problematik der Interpretation der MB-Temperatur wurde hingewiesen. (Siehe Kap. 6.4).

Müdigkeit (arithm. Mittel) - "LA" (Amplitude), in 2-Monatsfenstern:

die Relation des Jahresverlaufs der mittleren Müdigkeiten zum Jahresverlauf der "LA"-Amplituden wird durch eine nachfolgende Bewegung (ein 2-Monatsfenster) gekennzeichnet.

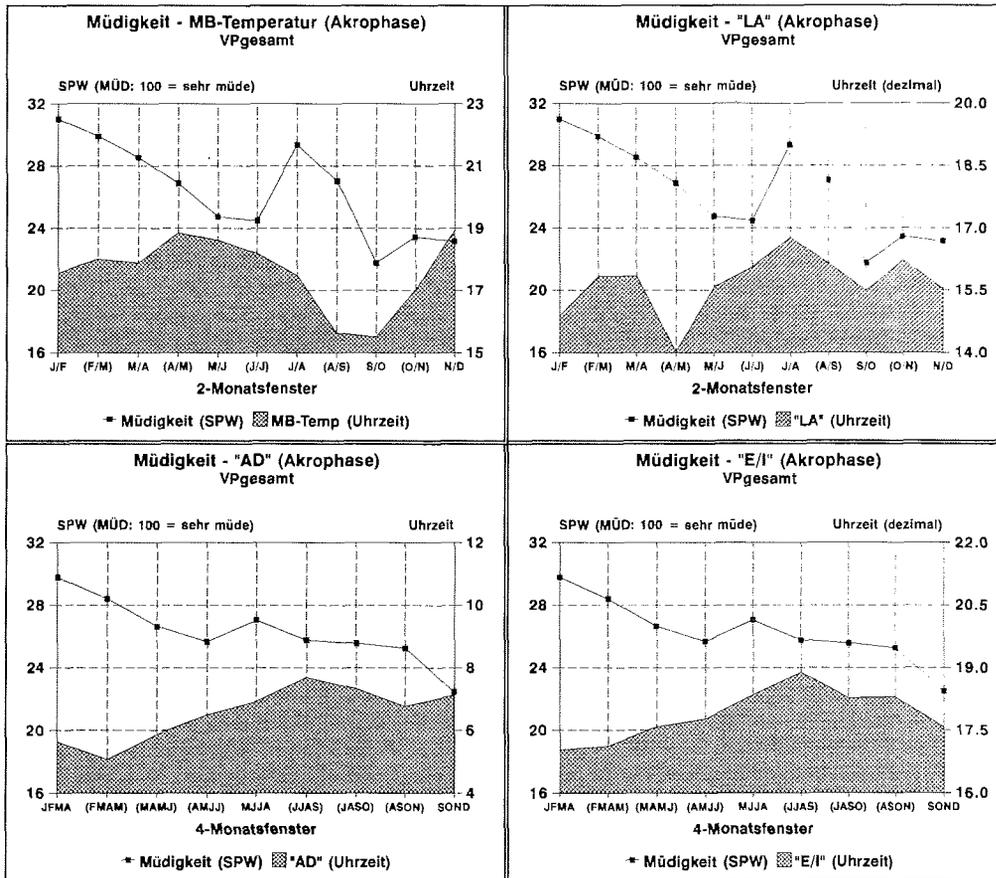
Müdigkeit (arithm. Mittel) - "AD" (Amplitude), in 4-Monatsfenstern:

inverse Entwicklung ihrer Jahresvariationen bei insgesamt über das Jahr abnehmenden Werten für die Müdigkeit und die "AD".

Müdigkeit (arithm. Mittel) - "E/I" (Amplitude), in 4-Monatsfenstern:

inverse Entwicklung ihrer Jahresvariationen bei insgesamt über das Jahr abnehmenden Werten für die Müdigkeit und die "E/I".

Zur Problematik der Müdigkeitseinschätzung siehe Kapitel 5.2.2: *Zur Aussagekraft der monatlichen mittleren Müdigkeit.*



10.4.15

Müdigkeit (arithm. Mittel) - MB-Temp (Akrophase), in 2-Monatsfenstern:

eine klare Abhängigkeit ist nicht zu erkennen. Problematik der Einschätzung der Müdigkeit und der MB-Temp-Akrophasen (siehe Kapitel 5.2.2 [Zur Aussagekraft der monatlichen mittleren Müdigkeit] und Kapitel 6.4).

Müdigkeit (arithm. Mittel) - "LA" (Akrophase), in 2-Monatsfenstern:

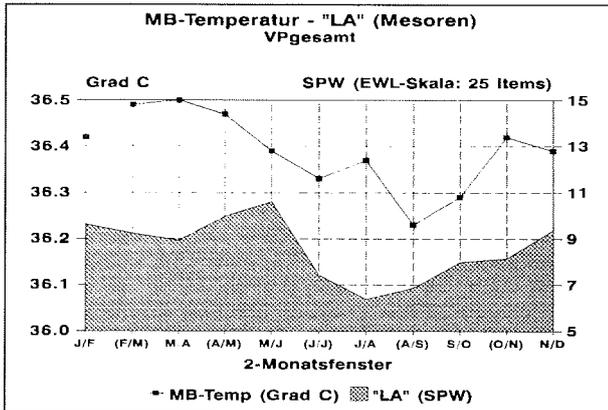
Parallelentwicklung ihrer Jahresvariationen in der 2. Jahreshälfte: höhere Müdigkeit und später liegende "LA"-Akrophase fallen zusammen.

Müdigkeit (arithm. Mittel) - "AD" (Akrophase), in 4-Monatsfenstern:

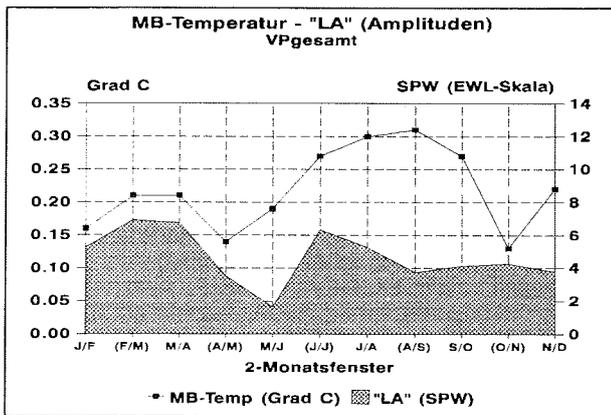
nicht klar inverse Entwicklung ihrer Jahresvariationen: niedrigere Müdigkeit und später liegende "AD"-Akrophasen fallen in der 2. Jahreshälfte zusammen.

Müdigkeit (arithm. Mittel) - "E/I" (Akrophase), in 4-Monatsfenstern:

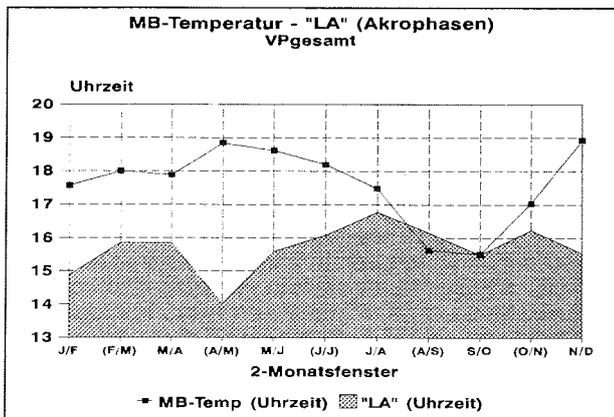
nicht klar inverse Entwicklung ihrer Jahresvariationen: niedrigere Müdigkeit und später liegende "E/I"-Akrophasen fallen in der 2. Jahreshälfte zusammen.



Angedeutet parallele Entwicklung der Jahresvariationslinienzüge der Mesoren von MB-Temp und "LA".



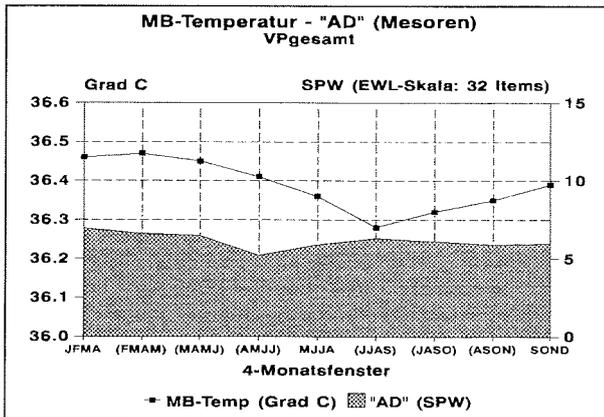
Parallelentwicklung der Jahresverläufe der MB-Temp- und "LA"-Amplituden nur in den ersten vier 2-Monatsfenstern. Stabilere Circadianrhythmik der MB-Temp in den Wintermonaten.



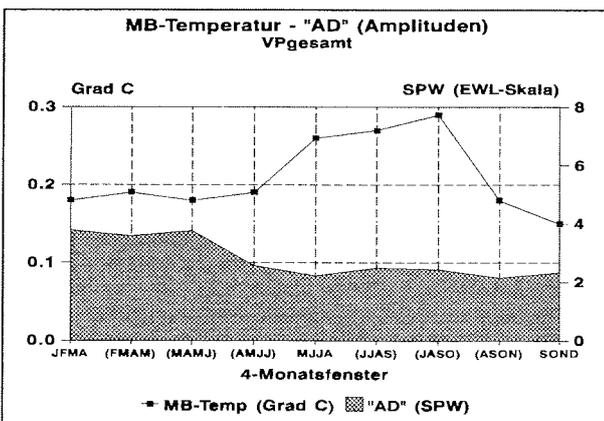
Nicht deutliche, eher inverse Relation zwischen den Akrophasen der MB-Temp und der "LA".

10.4.16

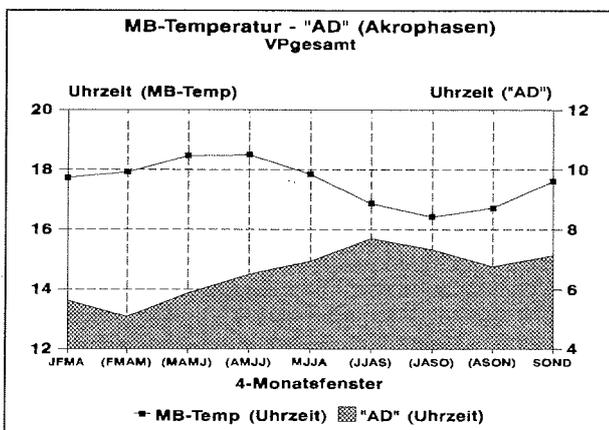
MB-Temperatur (Mesor, Amplitude, Akrophase) im Vergleich mit der "LA" (Mesor, Amplitude, Akrophase), in 2-Monatsfenstern



Eine klare Abhängigkeit der Jahresverläufe der Mesoren der MB-Temp und der "AD" voneinander ist nicht zu erkennen.



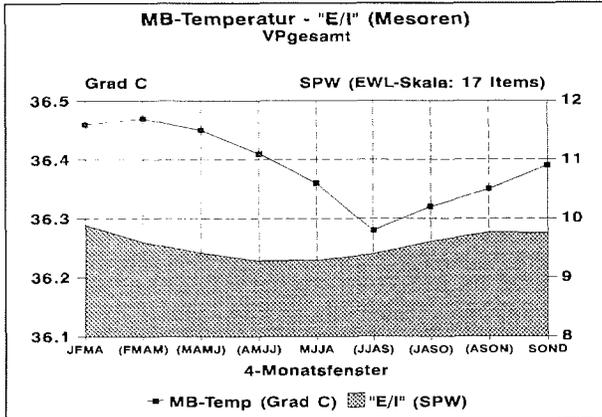
Stabilere Circadianrhythmik der MB-Temp (größere Amplituden) und kleinere Amplituden der "AD" fallen im Winter zusammen.



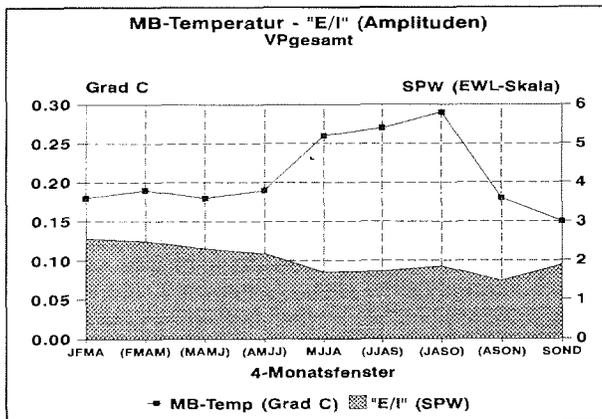
Eine inverse Beziehung besteht zwischen den Jahresvariationen der Akrophasen von MB-Temp und "AD".

10.4.17

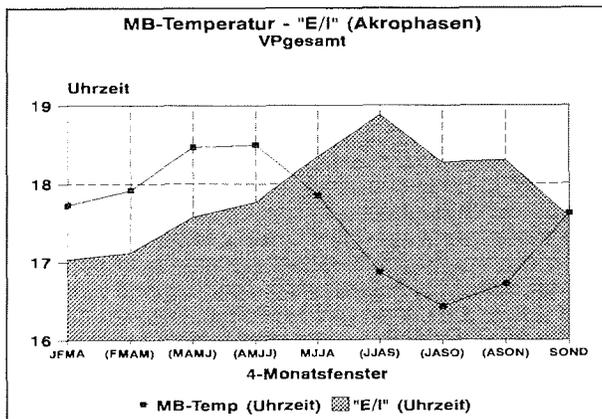
MB-Temperatur (Mesor, Amplitude, Akrophase) im Vergleich mit der "AD" (Mesor, Amplitude, Akrophase), in 4-Monatsfenstern.



Eine klare Abhängigkeit der Mesorverlaufslinien der MB-Temp und der "E/I" ist nicht zu erkennen.



Die Amplituden der MB-Temp entwickeln sich gegenläufig zu den Amplituden der "E/I". Im Winter steht einer stabileren Rhythmik der MB-Temp eine labilere Rhythmik der "E/I" gegenüber.



Im ersten Jahresdrittel kann man eine parallele Entwicklung, danach eine gegenläufige Entwicklung der Akrophasenverläufe von MB-Temp und "E/I" erkennen.

10.4.18

MB-Temperatur (Mesor, Amplitude, Akrophase) im Vergleich mit der "E/I" (Mesor, Amplitude, Akrophase), in 4-Monatsfenstern.

Danksagung

Herrn Professor Dr. med. Dr. phil. J. Rutenfranz (†) verdanke ich die Formulierung der Fragestellung des bearbeiteten Themas, die Bereitstellung der logistischen Mittel sowie seine Bereitschaft, mich das in der Antarktis gewonnene und in seinem Institut statistisch aufgearbeitete Material in Form einer Dissertation bearbeiten zu lassen.

Herrn Professor Dr. -Ing. P. Knauth, einem ehemaligen Mitarbeiter von Prof. Dr. Dr. J. Rutenfranz sei Dank gesagt für seine Begleitung während der gesamten Zeit der Entstehung dieser Dissertation. Besonders wertvoll waren seine Literaturhinweise und die an der Praxis orientierten Hilfen zur Erstellung dieser Schrift.

Herrn Professor Dr. med. D. Szadkowski danke ich herzlich für die freundliche Übernahme der Betreuung dieser Arbeit nach dem Tode von Prof. Dr. Dr. J. Rutenfranz.

Ferner sei Herrn Dr. phil. E. Kiesswetter für seine die Cosinor-Analysen betreffenden Informationen und Herrn Dr. phil. W. Schweflinghaus ganz besonders für wertvolle Diskussionen zum Thema Circadianrhythmik, für seine Hilfe bei der Beschaffung von Literatur sowie für seine Beratungen in Bezug auf die Handhabung von PC gedankt.

Herr Dr. med. M. Gleim gab hilfreiche Tips zur Textverarbeitung, Frau Deirdre Ibs und Herr J. Bauer halfen bei der Übersetzung der Zusammenfassung ins Englische.

Meiner Frau Ursula Wortmann und den Kindern Hans Christian, Klara Gesa, Hauke Fridtjof, Robert Momme und Nora Elisabeth danke ich für die große Geduld und Nachsicht, die sie mir während der Entstehung dieser Dissertation entgegenbrachten.

Folgende Hefte der Reihe „Berichte zur Polarforschung“ sind bisher erschienen:

- * **Sonderheft Nr. 1/1981** – „Die Antarktis und ihr Lebensraum“
Eine Einführung für Besucher – Herausgegeben im Auftrag von SCAR
- Heft Nr. 1/1982** – „Die Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
zusammengestellt von Heinz Köhnen
- Heft Nr. 2/1982** – „Deutsche Antarktis-Expedition 1980/81 mit FS ‚Meteor‘“
First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Liste der Zooplankton- und Mikronektonnetzfüge
zusammengestellt von Norbert Klages
- Heft Nr. 3/1982** – „Digitale und analoge Krill-Echolot-Rohdatenerfassung an Bord des Forschungsschiffes ‚Meteor‘“ (im Rahmen von FIBEX 1980/81, Fahrtabschnitt ANT III), von Bodo Morgenstern
- Heft Nr. 4/1982** – „Filchner-Schelfeis-Expedition 1980/81“
Liste der Planktonfänge und Lichtstärkemessungen
zusammengestellt von Gerd Hubold und H. Eberhard Drescher
- * **Heft Nr. 5/1982** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982“
by G. Hempel and R. B. Heywood
- * **Heft Nr. 6/1982** – „Antarktis-Expedition 1981/82 (Unternehmen ‚Eiswarte‘)“
zusammengestellt von Gode Gravenhorst
- Heft Nr. 7/1982** – „Marin-Biologisches Begleitprogramm zur Standorterkundung 1979/80 mit MS ‚Polar-sirkel‘ (Pre-Site Survey)“ – Stationslisten der Mikronekton- und Zooplanktonfänge sowie der Bodenfischerei
zusammengestellt von R. Schneppenheim
- Heft Nr. 8/1983** – „The Post-Fibex Data Interpretation Workshop“
by D. L. Cram and J.-C. Freytag with the collaboration of J. W. Schmidt, M. Mall, R. Kresse, T. Schwinghammer
- Heft Nr. 9/1983** – „Distribution of some groups of zooplankton in the inner Weddell Sea in summer 1979/80“
by I. Hempel, G. Hubold, B. Kaczmaruk, R. Keller, R. Weigmann-Haass
- Heft Nr. 10/1983** – „Fluor im antarktischen Ökosystem“ – DFG-Symposium November 1982
zusammengestellt von Dieter Adelung
- Heft Nr. 11/1983** – „Joint Biological Expedition on RRS ‚John Biscoe‘, February 1982 (II)“
Data of micronekton and zooplankton hauls, by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 12/1983** – „Das biologische Programm der ANTARKTIS-I-Expedition 1983 mit FS ‚Polarstern‘“
Stationslisten der Plankton-, Benthos- und Grundschnepnetzfüge und Liste der Probenahme an Robben und Vögeln, von H. E. Drescher, G. Hubold, U. Piatkowski, J. Plötz und J. Voß
- * **Heft Nr. 13/1983** – „Die Antarktis-Expedition von MS ‚Polarbjörn‘ 1982/83“ (Sommerkampagne zur Atka-Bucht und zu den Kraul-Bergen), zusammengestellt von Heinz Köhnen
- * **Sonderheft Nr. 2/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition von FS ‚Polarstern‘ (Kapstadt, 20. Januar 1983 – Rio de Janeiro, 25. März 1983)“, Bericht des Fahrtleiters Prof. Dr. Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 3/1983** – „Sicherheit und Überleben bei Polarexpeditionen“
zusammengestellt von Heinz Köhnen
- Heft Nr. 14/1983** – „Die erste Antarktis-Expedition (ANTARKTIS I) von FS ‚Polarstern‘ 1982/83“
herausgegeben von Gotthilf Hempel
- Sonderheft Nr. 4/1983** – „On the Biology of Krill *Euphausia superba*“ – Proceedings of the Seminar and Report of the Krill Ecology Group, Bremerhaven 12.–16. May 1983, edited by S. B. Schnack
- Heft Nr. 15/1983** – „German Antarctic Expedition 1980/81 with FRV ‚Walther Herwig‘ and RV ‚Meteor‘“ – First International BIOMASS Experiment (FIBEX) – Data of micronekton and zooplankton hauls
by Uwe Piatkowski and Norbert Klages
- Sonderheft Nr. 5/1984** – „The observatories of the Georg von Neumayer Station“, by Ernst Augstein
- Heft Nr. 16/1984** – „FIBEX cruise zooplankton data“
by U. Piatkowski, I. Hempel and S. Rakusa-Suszczewski
- Heft Nr. 17/1984** – „Fahrtbericht (cruise report) der ‚Polarstern‘-Reise ARKTIS I, 1983“
von E. Augstein, G. Hempel und J. Thiede
- Heft Nr. 18/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht von den Fahrtabschnitten 1, 2 und 3, herausgegeben von D. Fütterer
- Heft Nr. 19/1984** – „Die Expedition ANTARKTIS II mit FS ‚Polarstern‘ 1983/84“,
Bericht vom Fahrtabschnitt 4, Punta Arenas–Kapstadt (Ant-II/4), herausgegeben von H. Köhnen
- Heft Nr. 20/1984** – „Die Expedition ARKTIS II des FS ‚Polarstern‘ 1984, mit Beiträgen des FS ‚Valdivia‘ und des Forschungsflugzeuges ‚Falcon 20‘ zum Marginal Ice Zone Experiment 1984 (MIZEX)“
von E. Augstein, G. Hempel, J. Schwarz, J. Thiede und W. Weigel

- Heft Nr. 21/1985** – "Euphausiid larvae in plankton samples from the vicinity of the Antarctic Peninsula, February 1982" by Sigrid Marschall and Elke Mizdalski
- Heft Nr. 22/1985** – "Maps of the geographical distribution of macrozooplankton in the Atlantic sector of the Southern Ocean" by Uwe Piatkowski
- Heft Nr. 23/1985** – „Untersuchungen zur Funktionsmorphologie und Nahrungsaufnahme der Larven des Antarktischen Krills *Euphausia superba* Dana" von Hans-Peter Marschall
- Heft Nr. 24/1985** – „Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. – Bericht über die Kampagne 1983/84" von Dietrich Barsch, Wolf-Dieter Blümel, Wolfgang Flügel, Roland Mäusbacher, Gerhard Stäblein, Wolfgang Zick
- Heft Nr. 25/1985** – „Die Expedition ANTARKTIS III mit FS ‚Polarstern‘ 1984/85“ herausgegeben von Gotthilf Hempel
- Heft Nr. 26/1985** – "The Southern Ocean"; A survey of oceanographic and marine meteorological research work by Hellmer et al.
- Heft Nr. 27/1986** – „Spätpleistozäne Sedimentationsprozesse am antarktischen Kontinentalhang vor Kapp Norvegia, östliche Weddell-See" von Hannes Grobe
- Heft Nr. 28/1986** – „Die Expedition ARKTIS III mit ‚Polarstern‘ 1985“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft Nr. 29/1986** – „5 Jahre Schwerpunktprogramm ‚Antarktisforschung‘ der Deutschen Forschungsgemeinschaft." Rückblick und Ausblick. Zusammengestellt von Gotthilf Hempel, Sprecher des Schwerpunktprogramms
- Heft Nr. 30/1986** – "The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station for 1981 and 1982" by Marianne Gube and Friedrich Obleitner
- Heft Nr. 31/1986** – „Zur Biologie der Jugendstadien der Notothenioidei (Pisces) an der Antarktischen Halbinsel" von A. Kellermann
- Heft Nr. 32/1986** – „Die Expedition ANTARKTIS IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86“ mit Beiträgen der Fahrtteilnehmer, herausgegeben von Dieter Fütterer
- Heft Nr. 33/1987** – „Die Expedition ANTARKTIS-IV mit FS ‚Polarstern‘ 1985/86 – Bericht zu den Fahrtabschnitten ANT-IV/3-4" von Dieter Fütterer
- Heft Nr. 34/1987** – „Zoogeographische Untersuchungen und Gemeinschaftsanalysen an antarktischem Makroplankton" von U. Piatkowski
- Heft Nr. 35/1987** – „Zur Verbreitung des Meso- und Makrozooplanktons in Oberflächenwasser der Weddell See (Antarktis)" von E. Boysen-Ennen
- Heft Nr. 36/1987** – „Zur Nahrungs- und Bewegungsphysiologie von *Salpa thompsoni* und *Salpa fusiformis*" von M. Reinke
- Heft Nr. 37/1987** – "The Eastern Weddell Sea Drifting Buoy Data Set of the Winter Weddell Sea Project (WWSP)" 1986 by Heinrich Hoerber und Marianne Gube-Lehnhardt
- Heft Nr. 38/1987** – "The Meteorological Data of the Georg von Neumayer Station for 1983 and 1984" by M. Gube-Lenhardt
- Heft Nr. 39/1987** – „Die Winter-Expedition mit FS ‚Polarstern‘ in die Antarktis (ANT V/1-3)" herausgegeben von Sigrid Schnack-Schiel
- Heft Nr. 40/1987** – "Weather and Synoptic Situation during Winter Weddell Sea Project 1986 (ANT V/2) July 16-September 10, 1986" by Werner Rabe
- Heft Nr. 41/1988** – „Zur Verbreitung und Ökologie der Seegurken im Weddellmeer (Antarktis)" von Julian Gutt
- Heft Nr. 42/1988** – "The zooplankton community in the deep bathyal and abyssal zones of the eastern North Atlantic" by Werner Beckmann
- Heft Nr. 43/1988** – "Scientific cruise report of Arctic Expedition ARK IV/3" Wissenschaftlicher Fahrtbericht der Arktis-Expedition ARK IV/3, compiled by Jörn Thiede
- Heft Nr. 44/1988** – "Data Report for FV ‚Polarstern‘ Cruise ARK IV/1, 1987 to the Arctic and Polar Fronts" by Hans-Jürgen Hirche
- Heft Nr. 45/1988** – „Zoogeographie und Gemeinschaftsanalyse des Makrozoobenthos des Weddellmeeres (Antarktis)" von Joachim Voß
- Heft Nr. 46/1988** – "Meteorological and Oceanographic Data of the Winter-Weddell-Sea Project 1986 (ANT V/3)" by Eberhard Fahrbach
- Heft Nr. 47/1988** – „Verteilung und Herkunft glazial-mariner Gerölle am Antarktischen Kontinentalrand des östlichen Weddellmeeres" von Wolfgang Oskierski
- Heft Nr. 48/1988** – „Variationen des Erdmagnetfeldes an der GvN-Station" von Arnold Brodscholl
- Heft Nr. 49/1988** – „Zur Bedeutung der Lipide im antarktischen Zooplankton" von Wilhelm Hagen
- Heft Nr. 50/1988** – „Die gezeitenbedingte Dynamik des Ekström-Schelfeises, Antarktis" von Wolfgang Kobarg

Heft Nr. 51/1988 – „Ökomorphologie nototheniider Fische aus dem Weddellmeer, Antarktis“ von Werner Ekau

Heft Nr. 52/1988 – „Zusammensetzung der Bodenfauna in der westlichen Fram-Straße“ von Dieter Piepenburg

Heft Nr. 53/1988 – „Untersuchungen zur Ökologie des Phytoplanktons im südöstlichen Weddellmeer (Antarktis) im Jan./Febr. 1985“ von Eva-Maria Nöthig

Heft Nr. 54/1988 – „Die Fischfauna des östlichen und südlichen Weddellmeeres: geographische Verbreitung, Nahrung und trophische Stellung der Fischarten“ von Wiebke Schwarzbach

Heft Nr. 55/1988 – “Weight and length data of zooplankton in the Weddell Sea in austral spring 1986 (Ant V/3)” by Elke Mizdalski

Heft Nr. 56/1989 – “Scientific cruise report of Arctic expeditions ARK IV/1, 2 & 3” by G. Krause, J. Meincke und J. Thiede

Heft Nr. 57/1989 – „Die Expedition ANTARKTIS V mit FS ‚Polarstern‘ 1986/87“. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT V/4–5 von H. Miller und H. Oerter

Heft Nr. 58/1989 – „Die Expedition ANTARKTIS VI mit FS ‚Polarstern‘ 1987/88“ von D. K. Fütterer

Heft Nr. 59/1989 – „Die Expedition ARKTIS V/1a, 1b und 2 mit FS ‚Polarstern‘ 1988“ von M. Spindler

Heft Nr. 60/1989 – „Ein zweidimensionales Modell zur thermohalinen Zirkulation unter dem Schelfeis“ von H. H. Hellmer

Heft Nr. 61/1989 – „Die Vulkanite im westlichen und mittleren Neuschwabenland, Vestfjella und Ahlmannryggen, Antarktika“ von M. Peters

***Heft-Nr. 62/1989** – “The Expedition ANTARKTIS VII/1 and 2 (EPOS I) of RV ‘Polarstern’ in 1988/89”, by I. Hempel

Heft Nr. 63/1989 – „Die Eisalgenflora des Weddellmeeres (Antarktis): Artenzusammensetzung und Biomasse sowie Ökophysiologie ausgewählter Arten“ von Annette Bartsch

Heft Nr. 64/1989 – “Meteorological Data of the G.-v.-Neumayer-Station (Antarctica)” by L. Helmes

Heft Nr. 65/1989 – „Expedition Antarktis VII/3 in 1988/89“ by I. Hempel, P. H. Schalk, V. Smetacek

Heft Nr. 66/1989 – „Geomorphologisch-glaziologische Detailkartierung des arid-hochpolaren Borgmassivet, Neuschwabenland, Antarktika“ von Karsten Brunk

Heft-Nr. 67/1990 – „Identification key and catalogue of larval Antarctic fishes“, edited by Adolf Kellermann

Heft-Nr. 68/1990 – „The Expedition Antarktis VII/4 (Epos leg 3) and VII/5 of RV ‘Polarstern’ in 1989“, edited by W. Arntz, W. Ernst, I. Hempel

Heft-Nr. 69/1990 – „Abhängigkeiten elastischer und rheologischer Eigenschaften des Meereises vom Eisgefüge“, von Harald Hellmann

Heft-Nr. 70/1990 – „Die beschalten benthischen Mollusken (Gastropoda und Bivalvia) des Weddellmeeres, Antarktis“, von Stefan Hain

Heft-Nr. 71/1990 – „Sedimentologie und Paläomagnetik an Sedimenten der Maudkuppe (Nordöstliches Weddellmeer)“, von Dieter Cordes.

Heft-Nr. 72/1990 – „Distribution and abundance of planktonic copepods (Crustacea) in the Weddell Sea in summer 1980/81“, by F. Kurbjeweit and S. Ali-Khan

Heft-Nr. 73/1990 – „Zur Frühdiagenese von organischem Kohlenstoff und Opal in Sedimenten des südlichen und östlichen Weddellmeeres“, von M. Schlüter

Heft-Nr. 74/1991 – „Expeditionen ANTARKTIS-VIII/3 und VIII/4 mit FS ‘Polarstern’ 1989“, von Rainer Gersonde und Gotthilf Hempel

Heft-Nr. 75/1991 – „Quartäre Sedimentationsprozesse am Kontinentalhang des Süd-Orkney-Plateaus im nordwestlichen Weddellmeeres (Antarktis)“, von Sigrun Grünig

Heft-Nr. 76/1991 – „Ergebnisse der faunistischen Arbeiten in Benthal von King George Island (Südshetlandinseln, Antarktis)“, Martin Rauschert

Heft-Nr. 77/1991 – „Verteilung von Mikroplankton-Organismen nordwestlich der Antarktischen Halbinsel unter dem Einfluß sich ändernder Umweltbedingungen in Herbst“, von Heinz Klöser

Heft-Nr. 78/1991 – „Hochauflösende Magnetostratigraphie spätquartärer Sedimente arktischer Meeresgebiete“, von Norbert R. Nowaczyk

Heft-Nr. 79/1991 – „Ökophysiologische Untersuchungen zur Salinitäts- und Temperaturtoleranz antarktischer Grünalgen unter besonderer Berücksichtigung des β -Dimethylsulfoniumpropionat (DMSP) - Stoffwechsels“, von Ulf Karsten

Heft-Nr. 80/1991 – „Die Expedition ARKTIS VII/1 mit FS „POLARSTERN“ 1990“, herausgegeben von Jörn Thiede und Gotthilf Hempel

Heft-Nr. 81/1991 – „Paläoglaziologie und Paläozeanographie im Spätquartär am Kontinentalrand des südlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Martin Melles

Heft-Nr. 82/1991 – „Quantifizierung von Meereiseigenschaften: Automatische Bildanalyse von Dünnschnitten und Parametrisierung von Chlorophyll- und Salzgehaltsverteilungen“, von Hajo Eicken

Heft-Nr. 83/1991 – „Das Fließen von Schelfeisen - numerische Simulationen mit der Methode der finiten Differenzen“, von Jürgen Determann

Heft-Nr. 84/1991 – Die Expedition ANTARKTIS VIII/1-2, 1989 mit der Winter Weddell Gyre Study der Forschungsschiffe „Polarstern“ und „Akademik Fedorov“, von Ernst Augstein, Nicolai Bagriantsev und Hans Werner Schenke

Heft-Nr. 85/1991 – „Zur Entstehung von Unterwassereis und das Wachstum und die Energiebilanz des Meereises in der Atka Bucht, Antarktis“, von Josef Kipfstuhl

Heft-Nr. 86/1991 – „Die Expedition ANTARKTIS-VIII mit FS „Polarstern“ 1989/90. Bericht vom Fahrtabschnitt ANT-VIII/5“, herausgegeben von Heinz Miller und Hans Oerter

Heft-Nr. 87/1991 – „Scientific cruise reports of Arctic expeditions ARK-VI/1-4 of RV „Polarstern“ in 1989“, edited by G. Krause, J. Meincke & H. J. Schwarz

Heft-Nr. 88/1991 – „Zur Lebensgeschichte dominanter Copepodenarten (*Calanus finmarchicus*, *C. glacialis*, *C. hyperboreus*, *Metridia longa*) in der Framstraße“, von Sabine Diel

Heft-Nr. 89/1991 – „Detaillierte seismische Untersuchungen am östlichen Kontinentalrand des Weddell-Meeres vor Kapp Norvegia, Antarktis“, von Norbert E. Kaul

Heft-Nr. 90/1991 – „Die Expedition ANTARKTIS VIII mit FS „Polarstern“ 1989/90. Bericht von Fahrtabschnitten ANT VIII/6-7“, herausgegeben von Dieter Karl Fütterer und Otto Schrems

Heft-Nr. 91/1991 – „Blood physiology and ecological consequences in Weddell Sea fishes (Antarctica)“, by Andreas Kunzmann.

Heft-Nr. 92/1991 – „Zur sommerlichen Verteilung des Mesozooplanktons im Nansen-Becken, Nordpolarmeer“, von Nicolai Mumm.

Heft-Nr. 93/1991 – Die Expedition ARKTIS VII mit FS „Polarstern“ 1990. Bericht von Fahrtabschnitten ARK VII/2“, herausgegeben vom Gunther Krause.

Heft-Nr. 94/1991 – „Die Entwicklung des Phytoplanktons im östlichen Weddellmeer (Antarktis) beim Übergang vom Spätwinter zum Frühjahr“, von Renate Scharek.

Heft-Nr. 95/1991 – „Radioisotopenstratigraphie, Sedimentologie und Geochemie jungquartärer Sedimente des östlichen Arktischen Ozeans“, von Horst Bohrmann.

Heft-Nr. 96/1991 – „Holozäne Sedimentationsentwicklung im Scoresby Sund, Ost-Grönland“, von Peter Marienfeld

Heft-Nr. 97/1991 – „Strukturelle Entwicklung und Abkühlungsgeschichte der Heimefrontfjella (Westliches Dronning Maud Land / Antarktika)“, von Joachim Jacobs

Heft-Nr. 98/1991 – „Zur Besiedlungsgeschichte des antarktischen Schelfes am Beispiel der Isopoda (Crustacea, Malacostraca)“, von Angelika Brandt

Heft-Nr. 99/1992 – „The Antarctic ice sheet and environmental change: a three-dimensional modelling study“, by Philippe Huybrechts

Heft-Nr. 100/1992 – „Die Expeditionen ANTARKTIS IX/1-4 des Forschungsschiffes 'Polarstern' 1990/91“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Meinhard Schulz-Baldes, Eberhard Fahrbach, Victor Smetacek und Hans-Wolfgang Hubberten

Heft-Nr. 101/1992 – „Wechselbeziehungen zwischen Spurenmetallkonzentrationen (Cd, Cu, Pb, Zn) im Meerwasser und in Zooplanktonorganismen (Copepoda) der Arktis und des Atlantiks“, von Christa Pohl

Heft-Nr. 102/1992 – „Physiologie und Ultrastruktur der antarktischen Grünalge *Prasiola crispera* ssp. *antarctica* unter osmotischem Streß und Austrocknung“, von Andreas Jacob

Heft-Nr. 103/1992 – „Zur Ökologie der Fische im Weddellmeer“, von Gerd Hubold

Heft-Nr. 104/1992 – „Mehrkanalige adaptive Filter für die Unterdrückung von multiplen Reflexionen in Verbindung mit der freien Oberfläche in marinen Seismogrammen“, von Andreas Rosenberger

Heft-Nr. 105/1992 – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1991 (REFLEX I)“, von Jörg Hartmann, Christoph Kottmeier und Christian Wamser

Heft-Nr. 106/1992 – „Ostracoden im Epipelagial vor der Antarktischen Halbinsel - ein Beitrag zur Systematik sowie zur Verbreitung und Populationsstruktur unter Berücksichtigung der Saisonalität“, von Rüdiger Kock

Heft-Nr. 107/1992 – „ARCTIC '91: Die Expedition ARK-VIII/3 mit FS 'Polarstern' 1991“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer

Heft-Nr. 108/1992 – „Dehnungsbeben an einer Störungszone im Ekström-Schelfeis nördlich der Georg-von-Neumayer Station, Antarktis. - Eine Untersuchung mit seismologischen und geodätischen Methoden“, von Uwe Nixdorf

Heft-Nr. 109/1992 – „Spätquartäre Sedimentation am Kontinentalrand des südöstlichen Weddellmeeres, Antarktis“, von Michael Weber

Heft-Nr. 110/1992 – „Sedimentfazies und Bodenwasserstrom am Kontinentalhang des nordwestlichen Weddellmeeres“, von Isa Brehme

Heft-Nr. 111/1992 – „Die Lebensbedingungen in den Solekanälchen des antarktischen Meereises“, von Jürgen Weissenberger

Heft-Nr. 112/1992 – „Zur Taxonomie von rezenten benthischen Foraminiferen aus dem Nansen Becken, Arktischer Ozean“, von Jutta Wollenburg

Heft-Nr. 113/1992 – „Die Expedition ARKTIS VIII/1 mit FS 'Polarstern' 1991“, herausgegeben von Gerhard Kattner

Heft-Nr. 114/1992 – „Die Gründungsphase deutscher Polarforschung, 1865-1875“, von Reinhard A. Krause

Heft-Nr. 115/1992 – „Scientific Cruise Report of the 1991 Arctic Expedition ARK VIII/2 of RV 'Polarstern' (EPOS II)“, by Eike Rachor

Heft-Nr. 116/1992 – „The Meteorological Data of the Georg-von-Neumayer-Station (Antarctica) for 1988, 1989, 1990 and 1991“, by Gert König-Langlo

Heft-Nr. 117/1992 – „Petrogenese des metamorphen Grundgebirges der zentralen Heimefrontfjella (westliches Dronning Maud Land / Antarktis)“, von Peter Schulze

Heft-Nr. 118/1993 – „Die mafischen Gänge der Shackleton Range / Antarktika: Petrographie, Geochemie, Isotopengeochemie und Paläomagnetik“, von Rüdiger Hotten

Heft-Nr. 119/1993 – „Gefrierschutz bei Fischen der Polarmeere“, von Andreas P. A. Wöhrmann

Heft-Nr. 120/1993 – „East Siberian Arctic Region Expedition '92: The Laptev Sea – its Significance for Arctic Sea-Ice Formation and Transpolar Sediment Flux“, by D. Dethleff, D. Nürnberg, E. Reimnitz, M. Saarloos and Y.P. Savchenko. – „Expedition to Novaja Zemlja and Franz Josef Land with RV 'Dalnie Zelentsy'“, by D. Nürnberg and E. Groth

Heft-Nr. 121/1993 – „Die Expedition ANTARKTIS X/3 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Michael Spindler, Gerhard Dieckmann und David Thomas

Heft-Nr. 122/1993 – „Die Beschreibung der Korngestalt mit Hilfe der Fourier-Analyse: Parametrisierung der morphologischen Eigenschaften von Sedimentpartikeln“, von Michael Diepenbroek

Heft-Nr. 123/1993 – „Zerstörungsfreie hochauflösende Dichteuntersuchungen mariner Sedimente“, von Sebastian Gerland

Heft-Nr. 124/1993 – „Umsatz und Verteilung von Lipiden in arktischen marinen Organismen unter besonderer Berücksichtigung unterer trophischer Stufen“, von Martin Graeve

Heft-Nr. 125/1993 – „Ökologie und Respiration ausgewählter arktischer Bodenfischarten“, von Christian F. von Dorrien

Heft-Nr. 126/1993 – „Quantitative Bestimmung von Paläoumweltparametern des Antarktischen Oberflächenwassers im Spätquartär anhand von Transferfunktionen mit Diatomeen“, von Ulrich Zielinski

Heft-Nr. 127/1993 – „Sedimenttransport durch das arktische Meereis: Die rezente lithogene und biogene Materialfracht“, von Ingo Wollenburg

Heft-Nr. 128/1993 – „Cruise ANTARKTIS X/3 of RV 'Polarstern': CTD-Report“, von Marek Zwierz

Heft-Nr. 129/1993 – „Reproduktion und Lebenszyklen dominanter Copepodenarten aus dem Weddellmeer, Antarktis“, von Frank Kurbjewit

Heft-Nr. 130/1993 – „Untersuchungen zu Temperaturregime und Massenhaushalt des Filchner-Ronne-Schelfeises, Antarktis, unter besonderer Berücksichtigung von Anfrier- und Abschmelzprozessen“, von Klaus Grosfeld

Heft-Nr. 131/1993 – „Die Expedition ANTARKTIS X/5 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Rainer Gersonde

Heft-Nr. 132/1993 – „Bildung und Abgabe kurzkettiger halogener Kohlenwasserstoffe durch Makroalgen der Polarregionen“, von Frank Laturnus

Heft-Nr. 133/1994 – „Radiation and Eddy Flux Experiment 1993 (REFLEX II)“, by Christoph Kottmeier, Jörg Hartmann, Christian Wamser, Axel Bochert, Christof Lüpkes, Dietmar Freese and Wolfgang Cohrs

Heft-Nr. 134/1994 – „The Expedition ARKTIS-IX/1“, edited by Hajo Eicken and Jens Meincke

Heft-Nr. 135/1994 – „Die Expeditionen ANTARKTIS X/6-8“, herausgegeben von Ulrich Bathmann, Victor Smetacek, Hein de Baar, Eberhard Fahrback und Gunter Krause

Heft-Nr. 136/1994 – „Untersuchungen zur Ernährungsökologie von Kaiserpinguinen (*Aptenodytes forsteri*) und Königspinguinen (*Aptenodytes patagonicus*)“, von Klemens Pütz

Heft-Nr. 137/1994 – „Die kanozoische Vereisungsgeschichte der Antarktis“, von Werner U. Ehrmann

Heft-Nr. 138/1994 – „Untersuchungen stratosphärischer Aerosole vulkanischen Ursprungs und polarer stratosphärischer Wolken mit einem Mehrwellenlängen-Lidar auf Spitzbergen (79°N, 12°E)“, von Georg Beyerle

Heft-Nr. 139/1994 – „Charakterisierung der Isopodenfauna (Crustacea, Malacostraca) des Scotia-Bogens aus biogeographischer Sicht: Ein multivariater Ansatz“, von Holger Winkler

Heft-Nr. 140/1994 – „Die Expedition ANTARKTIS X/4 mit FS 'Polarstern' 1992“, herausgegeben von Peter Lemke

- Heft-Nr. 141/1994** – „Satellitenaltimetrie über Eis – Anwendung des GEOSAT-Altimeters über dem Ekströmisen, Antarktis“, von Klemens Heidland
- Heft-Nr. 142/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Scientific cruise report of RV 'Polarstern' Arctic cruises ARK IX/2 and 3, USCG 'Polar Bear' cruise NEWP and the NEWLand expedition“, edited by Hans-Jürgen Hirche and Gerhard Kattner
- Heft-Nr. 143/1994** – „Detaillierte refraktionsseismische Untersuchungen im inneren Scoresby Sund/ Ost Grönland“, von Notker Fechner
- Heft-Nr. 144/1994** – „Russian-German Cooperation in the Siberian Shelf Seas: Geo-System Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens, Hans-Wolfgang Hubberten, Sergey M. Pryamikov and Rüdiger Stein
- Heft-Nr. 145/1994** – „The 1993 Northeast Water Expedition. Data Report of RV 'Polarstern' Arctic Cruises IX/2 and 3“, edited by Gerhard Kattner and Hans-Jürgen Hirche
- Heft-Nr. 146/1994** – „Radiation Measurements at the German Antarctic Station Neumeyer 1982 – 1992“, by Torsten Schmidt and Gert König-Langlo
- Heft-Nr. 147/1994** – „Krustenstrukturen und Verlauf des Kontinentalrandes im Weddell Meer/Antarktis“, von Christian Hübscher
- Heft-Nr. 148/1994** – „The expeditions NORILSK/TAYMYR 1993 and BUNGER OASIS 1993/94 of the AWI Research Unit Potsdam“, edited by Martin Melles
- Heft-Nr. 149/1994** – „Die Expedition ARCTIC '93. Der Fahrtabschnitt ARK-IX/4 mit FS 'Polarstern' 1993“, herausgegeben von Dieter K. Fütterer
- Heft-Nr. 150/1994** – „Der Energiebedarf der Pygoscelis-Pinguine: eine Synopse“, von Boris M. Culik
- Heft-Nr. 151/1994** – „Russian-German Cooperation: The Transdrift I Expedition to the Laptev Sea“, edited by Heidemarie Kassens and Valeriy Y. Karpiy
- Heft-Nr. 152/1994** – „Die Expedition ANTARKTIS-X mit FS 'Polarstern' 1992. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT X/1a und 2“, herausgegeben von Heinz Miller
- Heft-Nr. 153/1994** – „Aminosäuren und Huminstoffe im Stickstoffkreislauf polarer Meere“, von Ulrike Hubberten
- Heft-Nr. 154/1994** – „Regional and seasonal variability in the vertical distribution of mesozooplankton in the Greenland Sea“, by Claudio Richter
- Heft-Nr. 155/1995** – „Benthos in polaren Gewässern“, herausgegeben von Christian Wiencke und Wolf Arntz
- Heft-Nr. 156/1995** – „An adjoint model for the determination of the mean oceanic circulation, air-sea fluxes and mixing coefficients“, by Reiner Schlitzer
- Heft-Nr. 157/1995** – „Biochemische Untersuchungen zum Lipidstoffwechsel antarktischer Copepoden“, von Kirsten Fahl
- Heft-Nr. 158/1995** – „Die deutsche Polarforschung seit der Jahrhundertwende und der Einfluß Erich von Drygalskis“, von Cornelia Lüdecke
- Heft-Nr. 159/1995** – „The distribution of $\delta^{18}\text{O}$ in the Arctic Ocean: Implications for the freshwater balance of the halocline and the sources of deep and bottom waters“, by Dorothea Bauch
- Heft-Nr. 160/1995** – „Rekonstruktion der spätquartären Tiefenwasserzirkulation und Produktivität im östlichen Südatlantik anhand von benthischen Foraminiferenvergesellschaftungen“, von Gerhard Schmiedl
- Heft-Nr. 161/1995** – „Der Einfluß von Salinität und Lichtintensität auf die Osmolytkonzentrationen, die Zellvolumina und die Wachstumsraten der antarktischen Eisdiatomeen *Chaetoceros* sp. und *Navicula* sp. unter besonderer Berücksichtigung der Aminosäure Prolin“, von Jürgen Nothnagel
- Heft-Nr. 162/1995** – „Meereistransportiertes lithogenes Feinmaterial in spätquartären Tiefseesedimenten des zentralen östlichen Arktischen Ozeans und der Framstraße“, von Thomas Letzig
- Heft-Nr. 163/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS-XI/2 mit FS 'Polarstern' 1993/94“, herausgegeben von Rainer Gersonde
- Heft-Nr. 164/1995** – „Regionale und altersabhängige Variation gesteinsmagnetischer Parameter in marinen Sedimenten der Arktis“, von Thomas Frederichs
- Heft-Nr. 165/1995** – „Vorkommen, Verteilung und Umsatz biogener organischer Spurenstoffe: Sterole in antarktischen Gewässern“, von Georg Hanke
- Heft-Nr. 166/1995** – „Vergleichende Untersuchungen eines optimierten dynamisch-thermodynamischen Meereismodells mit Beobachtungen im Weddellmeer“, von Holger Fischer
- Heft-Nr. 167/1995** – „Rekonstruktionen von Paläo-Umweltparametern anhand von stabilen Isotopen und Faunen-Vergesellschaftungen planktischer Foraminiferen im Südatlantik“, von Hans-Stefan Niebler
- Heft-Nr. 168/1995** – „Die Expedition ANTARKTIS XII mit FS 'Polarstern' 1994/95. Bericht von den Fahrtabschnitten ANT XII/1 und 2“, herausgegeben von Gerhard Kattner und Dieter Karl Fütterer
- Heft-Nr. 169/1995** – „Medizinische Untersuchung zur Circadianrhythmik und zum Verhalten bei Überwinterern auf einer antarktischen Forschungsstation“, von Hans Wortmann

