

Erektionen im Schlaf

UROŠ J. JOVANOVIĆ

Universitäts-Nervenklinik Würzburg (Direktor: Prof. Dr. H. SCHELLER)

Eingegangen am 14. Juli 1967

Erektionen während des Schlafes bei Menschen sind sowohl vom physiologischen als auch vom psychologischen Standpunkt aus von großem Interesse. Periodische Schlaferektionen wurden zuerst von OHLMEYER u. Mitarb. (1944) registriert und beschrieben. Sie konnten dann von FISHER u. Mitarb. (1965) mit den *Traumphasen* des paradoxen Schlafes (JEANNEROD u. MOURET, 1963; JOUVET, 1965) oder desynchronisierten Schlafes (ASERINSKY u. KLEITMAN, 1955a, b; DEMENT u. KLEITMAN, 1957a, b; DEMENT u. WOLPERT, 1958; DEMENT, 1960, 1964; BAUST, 1965) korreliert werden.

Für ihre Registrierungen verwendeten FISHER u. Mitarb. drei Methoden. Bei der ersten handelte es sich um einen relativ großen, mit Wasser gefüllten Polyvinyl-Schlauch. Bei Erektionen wird der Wasserstand durch Druck auf den Schlauch verdrängt. Das Wasser fließt dann in einen kleineren Schlauch, an dem die Änderungen gemessen werden können. Die zweite Methode beruht auf der Aufzeichnung der Temperaturänderungen des Penis während der Erektionszeit und die dritte ähnelt der ersten Methode. Doch wurde hier ein feinerer Gummischlauch entwickelt und nicht mit Wasser, sondern mit Quecksilber aufgefüllt. Die Erektionen bewirken dann Widerstandsänderungen im Schlauch, welche sich über Zwischengeräte auf das Schreibsystem eines EEG-Apparates auswirken.

Letztere Registriermethode von FISHER u. Mitarb. wurde weiter von KARACAN (1965), SHAPIRO u. COHEN (1965) sowie KARACAN u. Mitarb. (1966) angewandt.

Für unsere Beobachtungen versuchten wir (1967) eine neue Technik zur Ableitung von Peniserektionen im Schlaf zu entwickeln wie sie unten dargestellt wird. Im folgenden sollen zunächst die Methodik und ersten Ergebnisse mitgeteilt werden.

Methodik und Untersuchungsgut

Deskription des Phallographen

Die Apparatur¹ (Versuchsmuster), mit der wir die Erektionen während des Nachtschlafes registrierten (Phallographie = PhG), ist aus zwei voneinander abhängigen Teilen zusammengesetzt (Abb. 1).

1. Der *elektro-mechanische Aufnehmer* besteht aus einem hochelastischen Gummischlauch, der Graphitstaub zwischen zwei Elektroden enthält. Jede Längenveränderung dieser 2 mm im Durchmesser dicken Graphitsäule bewirkt entspre-

¹ Für die technische Hilfeleistung bei der Konstruktion des Apparates bin ich Herrn DIETER KIRBACH sehr dankbar.

chende *Widerstandsänderungen* im ganzen System. Diese machen sich auf dem Registrierapparat bemerkbar und werden auf dem Papier aufgenommen (siehe unten). Der 2,5 g schwere Aufnehmer wird mittels Klettenverschluß unter sehr leichtem Druck um den Penis geschlungen. Bei relativ starken Erektionen, wo eine Strangulationsgefahr bestehen könnte, kann der Klettenverschluß aufgehen. Das 4–5 m lange Kabel wird am Oberschenkel der Versuchsperson zugentlastet und verbindet den Aufnehmer mit dem zweiten Hauptteil des Apparates.

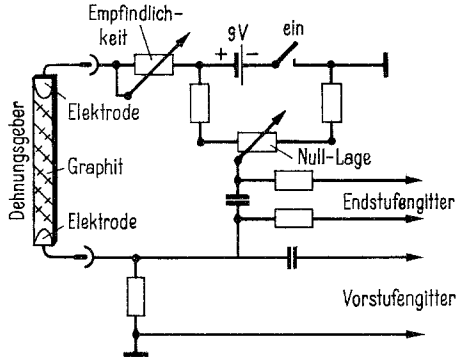


Abb.1. Schematische Darstellung des Zusatzgerätes zur Phallographie (PhG)

2. Das *Zwischenkästchen* enthält eine 9 Volt Transistorbatterie, die Widerstandsbrücke mit Entkoppelungsgliedern für die statische und dynamische Komponente der Ausgangsspannung sowie den Einschalter, Empfindlichkeitsregler und Nullpunktregler.

Über zwei Kabel werden beide Komponenten getrennt dem RC-gekoppelten Vorverstärker- und Gleichspannungsverstärkerteil eines EEG- oder EKG-Kanals zugeführt. Bei Beginn der Registrierung zeigt der entsprechende EEG-Kanal eine glatte Nulllinie. Erst bei Erektionen sind die Schwingungen der Ausschläge sichtbar. In Abb.1 wird der ganze Apparat schematisch dargestellt. aa) Das CW-gekoppelte System ergibt Schwingungen des Arterienpulses und zusätzlich der Peniszuckungen in negativer und positiver Richtung um die Nulllinie (Abb.2). bb) Der Gleichspannungsverstärkerteil bewirkt Schwingungen des ganzen Schreibsystems bei Verstärkung der Penisdehnung in negativer, bei Abnahme der Erektionen in positiver Richtung. Diese Kombination ermöglicht vielseitige Kontrollen des Vorkommens, Erektionsgrades, Ablaufes und Schlusses der Erektionen. Man kann darüber hinaus beliebig das Schreibsystem unter aa) oder unter bb) in den Vordergrund stellen. Dadurch werden technische Störungen auf ein Minimum herabgesetzt. Bei unseren bisherigen Registrierungen wurde wie erwähnt, eine 9 Volt Transistorbatterie benutzt, wodurch die Schreibweise des CW-Verstärkers besser als die andere zum Ausdruck kommt. Will man aber den Gleichspannungsteil hervorheben, so montiert man an das Zwischenkästchen des Phallographen eine 15–18 Volt Batterie. Die Pulsationen und Zuckungen des Penis zeigen auf dem Registrierpapier kleinere Ausschläge, die Schwingungen der Gleichspannungskomponente größere.

Beschreibung der Methodik

Die Versuche wurden bei gesunden erwachsenen und kranken Männern durchgeführt. Diese Mitteilung stellt die Ergebnisse von zehn Gesunden zwischen 18 und 42 Jahren dar. Die Kranken bildeten eine Vergleichsgruppe.

Die Beobachtungen dehnten sich von zwei bis zu zehn Nächten bei einer Versuchsperson aus. Da die erste Nacht als Anpassungsnacht gilt und Erektionen in der dritten und in weiteren Untersuchungsnächten keine signifikanten Änderungen gegenüber denjenigen der zweiten Nacht zeigten, behandeln wir hier die Erektionsverläufe der zweiten Untersuchungsnacht.

Zusätzlich wurde in der ganzen Nacht fortlaufend und ununterbrochen (8–9 Schlafstunden) das EEG von je drei Punkten jeder Kopfseite (Bezugsselektrode lag auf dem Processus mastoideus), Elektrooculogramm (EOG) zur Registrierung der Augenbewegungen, Elektrokardiogramm (EKG) von den präcordialen Punkten, Elektromyogramm (EMG) von den beiden Unterarmen abgeleitet. Das Vegetativum wurde außer mit dem EKG auch durch galvanometrische Messung des Gleichstromhautwiderstandes (GHR) beobachtet. So konnten genau Schlaftiefe, Schlafdauer und Schlafqualität sowie viele andere Ereignisse in Schlaf und Traumphasen erfaßt werden.

Die Versuchspersonen schliefen in einem verdunkelten und geräuscharmen Raum. Im Nebenraum wachte der Untersucher.

Kriterien der Auswertung

Es wurde ein visuelles Auswerteverfahren angewandt. Berücksichtigt wurden

1. Vorkommen und Dauer der Erektionsphasen in einer ganzen Nacht (Tab.1);
2. Dauer der Erektionen, vom Aspekt der relativen Zeiten her beobachtet (Tab.2);
3. Erektionen, gesehen vom Standpunkt der absoluten Zeiten aus; 4. Erektionsstärke (Dehnungsstärke, Dehnungsgröße, Amplitudenhöhe, Amplitudengröße, Tab.3); 5. Art der Erektionsabläufe (Tab.3); 6. Beziehungen der Erektionen zum Schlaf (paradoxe, leichter oder Tiefschlaf, Tab.4); 7. Art des Auftretens oder des Verschwindens der Erektionen (langsam ansteigend oder abrupt, langsam abfallend oder plötzlich aufhörend).

Die Erektionsstärke wird in drei Kategorien eingeteilt (Tab.3):

A. Starke Erektionen schwankten in ihrer Amplitudengröße maximal zwischen 20 und 30 mm bei einem Zuwachs des Penisumfangs von 2–3 cm. Die Erektionen können dann nach der Art des Ablaufes als *a) starke periodische*, *b) starke aperiodische* und *c) starke unregelmäßige* bezeichnet werden.

a) Bei den *starken periodischen Erektionen* kann die Amplitudenhöhe innerhalb einer Erektionsphase für einige Sekunden größer oder kleiner werden. Die Bezeichnung „periodisch“ bezieht sich also nicht auf das periodische Vorkommen — da alle Erektionen periodisch (phasisch) erscheinen — sondern auf die Art des Erektionsablaufes.

b) *Starke aperiodische Erektionen* zeigen keine nennenswerten Amplitudenschwankungen innerhalb einer Erektionsphase.

c) *Starke unregelmäßige Erektionen* bieten keine Regelmäßigkeit der Amplitudengröße bzw. des Erektionsablaufes.

B. Mittelstarke Erektionen bewegen sich in ihrer Dehnungsstärke (Amplitude) maximal zwischen 10 und 20 mm bei einem Zuwachs des Penisumfangs von 1–2 cm. Entsprechend der Einteilung unter A werden auch hier *a) mittelstarke periodische*, *b) mittelstarke aperiodische* und *c) mittelstarke unregelmäßige* Erektionen berücksichtigt.

C. Schwache Erektionen wachsen in ihrer Amplitude nicht über 10 mm hinaus und schwanken von Null bis zur entsprechenden maximalen Größe. Der Zuwachs des Penisumfangs beträgt im Durchschnitt 0–1 cm. Auch hier werden *a) schwache*

periodische, b) schwache aperiodische und c) schwache unregelmäßige Erektionen unterschieden.

Die Werte des Erektionsgrades wurden neben den Registrierungen durch direkte Beobachtungen und Messungen ähnlich wie von FISHER et al. gewonnen.

Resultate

Vorkommen und Dauer der Erektionen (Tab.1)

Wie die Tab.1 veranschaulicht, kommen in einer Nacht die Erektionen durchschnittlich fünfmal phasisch vor und dauern in einzelnen Phasen zwischen 1 und 50 min. Die Anzahl der Erektionsphasen schwankt bei einer Schlafdauer von $7\frac{1}{2}$ —8 Std, zwischen 4 und 6. Die erste Phase beginnt 1,14 Std nach dem Schlafbeginn und dauert 15,6 min an. Die zweite folgt der ersten nach 1,15 Std oder 3,03 Std nach dem Einschlafen und dauert 16,3 min. Die dritte Phase wird 4,26 Std nach dem Schlafbeginn oder 1,25 Std nach der zweiten registriert. Sie dauert 26,5 min. Zwischen der dritten und der vierten Erektionsphase liegen nur 35 min. Die vierte Erektionsphase beginnt 5,28 Std nach dem Einschlafen. Ihre Dauer beträgt 21,8 min. Die fünfte folgt der vierten nach nur 27 min und dauert 18,2 min an. Die letzte, die eventuelle sechste Erektionsphase, die nur bei 3 von 10 Versuchspersonen gefunden wurde, wird gegen 7 Uhr morgens erfaßt und dauert individuell zwischen 2 und 12 min. Sie wird meistens durch Wecken oder Erwachen unterbrochen. Bei zu früh geweckten Versuchspersonen wird sie vermißt.

Die *Erektionszeit* einer Nacht beträgt durchschnittlich 100,9 min. Sie schwankt jedoch bei den einzelnen Versuchspersonen zwischen 46 und 172 min. Insgesamt beobachteten wir bei allen 10 Männern 51 Erektionsphasen mit einer Gesamtdauer von 1009 min in einer Nacht.

Erektionen, betrachtet vom Aspekt der relativen Zeiten

Die Tab.2 ergibt, daß in den ersten 2 Schlafstunden nur bei 5 von 10 Versuchspersonen Erektionen vorkommen und im Durchschnitt nur 8,6 min andauern. Ihr Vorkommen ist also nicht signifikant. Mit anderen Worten — Erektionen kommen zum erstenmal nach 2 Schlafstunden signifikant vor. Zwischen der 2,01. und 4. Schlafstunde wurden bei jeder Versuchsperson Erektionen mit einer Dauer von 18,5 min registriert, ebenso zwischen der 4,01. und 6. Schlafstunde mit einer Dauer von 43,7 min. Nach der 6,01. Schlafstunde sind bei allen Versuchspersonen Erektionen abzuleiten, die hier etwas kürzer andauern (30,0 min). Rundet man die Erektionszeiten jeder Erektionsphase ab, so gewinnt man 9 zu 18 zu 44 zu 30 min oder 1 : 2 : 5 : 3. *Die Dauer der Erektionen verlängert sich also vom Abend bis zum Morgen oder mit jeder Erektionsphase.* Eine Betrachtung nur nach den relativen Zeiten konnte die eventuelle Beeinflussung der Erektionen durch *exogene* Faktoren nicht veranschaulichen, so daß eine weitere Umgruppierung vorgenommen wurde.

Tabelle 1. *Vorkommen und Dauer der Erektionen in Minuten während des*

Nr. der VP	Uhrzeit des Ab- leitung- beginns	Uhrzeit des Vorkommens, des Aufhörens								
		I. Erektionsphase			II. Erektionsphase			III. Erektionsphase		
		von	bis	Dauer min	von	bis	Dauer min	von	bis	Dauer min
1.	24.00	1.08	1.32	24	2.22	2.36	14	3.54	4.35	41
2.	23.35	0.40	1.15	35	3.04	3.12	8	4.39	5.06	27
3.	23.10	1.03	1.14	11	2.29	3.00	31	4.25	5.07	42
4.	22.45	0.59	1.11	12	2.46	3.16	30	4.22	5.07	45
5.	23.00	1.01	1.12	11	2.50	3.10	20	3.17	3.34	17
6.	23.08	1.17	1.46	29	2.40	2.46	6	3.36	3.45	9
7.	23.20	0.34	0.41	7	2.33	2.58	25	4.12	5.00	48
8.	22.58	1.01	1.16	15	2.58	3.12	14	4.00	4.11	11
9.	22.30	0.37	0.40	3	1.42	1.48	6	2.48	3.03	15
10.	24.00	0.35	0.44	9	2.15	2.24	9	5.38	5.48	10
Durch- schnitt	23.21	0.53	1.09	15,6	2.24	2.40	16,3	4.05	4.32	26,5

Anmerkung: ZdPh = Zahl der Erektionsphasen in einer ganzen Nacht.

Tabelle 2. *Vorkommen und Dauer der Erektionen nach relativen Zeiten
(Gerechnet nach Schlafstunden)*

Nr. der VP	Die Erektionen kamen vor in der				
	0,01. bis 2,00. Schlafstunde min/Dauer	2,01. bis 4,00. Schlafstunde min/Dauer	4,01. bis 6,00. Schlafstunde min/Dauer	6,01. bis 8,00. Schlafstunde min/Dauer	Zusammen min
1.	24	20	101	27	172
2.	35	8	27	6	76
3.	11	31	47	52	141
4.	—	12	53	47	112
5.	—	21	51	26	98
6.	—	35	20	59	114
7.	7	25	68	13	113
8.	—	15	43	9	67
9.	—	9	17	20	46
10.	9	9	10	42	70
Durch- schnitt	8,6	18,5	43,7	30,1	100,9

ganzen natürlichen Schlafes in der 2. Untersuchungsnacht bei 10 Versuchspersonen

und Dauer der Erektionen in einzelnen Erektionsphasen in Minuten

IV. Erektionsphase			V. Erektionsphase			VI. Erektionsphase			Zusammen	
von	bis	Dauer min	von	bis	Dauer min	von	bis	Dauer min	ZdPh	Dauer
4.47	5.18	31	5.25	6.15	50	7.43	7.55	12	6	172
5.40	5.46	6	—	—	—	—	—	—	4	76
5.40	5.55	15	6.00	6.42	42	—	—	—	5	141
5.30	5.48	18	5.53	6.00	7	—	—	—	5	112
4.35	4.59	24	5.48	6.03	15	6.49	7.00	11	6	98
4.57	5.27	30	6.00	6.40	40	—	—	—	5	114
5.12	5.44	32	6.30	6.31	1	—	—	—	5	113
4.30	4.48	18	5.54	6.01	7	6.45	6.47	2	6	67
3.29	3.31	2	6.08	6.28	20	—	—	—	5	46
6.47	7.29	42	—	—	—	—	—	—	4	70
5.07	5.29	21,8	5.56	6.19	18,2	7.06	7.14	2,5	5,1	100,9

Erektionen, vom Standpunkt der absoluten Zeiten aus gesehen

Vor 0.30 Uhr kamen bei den 10 untersuchten Männern keine Erektionen vor. Zwischen 0.30 Uhr und 2.00 Uhr wurden sie aber bei allen Versuchspersonen nachgewiesen, und sie nehmen jetzt 16,2 min in Anspruch. Die zweite Erektionsphase zwischen 2.01 und 3.30 Uhr dauert 18,7, die dritte von 3.31—5.00 Uhr 26,5 min, die vierte von 5.01—6.30 Uhr 30,6 min. Diese letzte, unterbrochene Phase kommt bei 6 von 10 Versuchspersonen vor und dauert durchschnittlich 8,9 min. Die Erektionszeiten betragen dann rund 16, 19, 26, 31 und 9 min oder 16 : 19 : 26 : 31 : 9 = 1 : 1,2 : 1,6 : 2 : 0,6. Es zeigt sich also auch, gemessen nach den absoluten Zeiten, eine wachsende Tendenz der Erektionsdauer mit jeder weiteren $1\frac{1}{2}$ Std des Schlafes. Andererseits treten die Erektionen sicher zwischen 0.30 und 6.30 Uhr auf, erscheinen nicht sicher außerhalb dieser Zeiten, auch wenn die Versuchsperson eher zu Bett geht oder später aufsteht.

Analyse der Erektionen unter Berücksichtigung der Dehnungsstärke und des Erektionsablaufes (Tab. 3)

Von insgesamt 1009 min konnten 507 Erektionsminuten in die starken Erektionen (50,25%) eingegliedert werden. Bei den starken überwiegen

Tabelle 3. *Dehnungsstärke (Amplitude, Dehnungsgröße), Art und Eraktionsablauf und ihre zeitliche Verteilung während des Schlafes*

Dehnungsstärke und Art des Eraktionsablaufes:		Dauer in Minuten der Eraktionsstärke bzw. des Eraktionsablaufes in relativen Zeiten											
		0,01. bis 2,00. Schlafstunde min		2,01. bis 4,00. Schlafstunde min		4,01. bis 6,00. Schlafstunde min		6,01. bis 8,00. Schlafstunde min		Zusammen Aa—Cc		Zusammen A—C	
		Dauer min		Dauer min		Dauer min		Dauer min		Prozent- satz		Prozent- satz	
A. Starke	a) periodische	—	62	118	101	281	55,43	507	50,25				
	b) aperiodische	—	51	66	77	194	38,26						
	c) unregelmäßige	—	8	3	21	32	6,31						
B. Mittel- starke	a) periodische	48	54	53	43	198	56,45	349	34,59				
	b) aperiodische	16	—	27	49	92	26,67						
	c) unregelmäßige	4	4	41	10	59	16,88						
C. Schwache	a) periodische	4	—	32	—	36	23,53	153	15,16				
	b) aperiodische	6	—	43	—	49	32,03						
	c) unregelmäßige	8	6	54	—	68	44,44						
Zusammen A—C	a) periodische	52	116	203	144	515	51,04	1009	100,0				
	b) aperiodische	22	51	136	126	335	33,20						
	c) unregelmäßige	12	18	98	31	159	15,76						
	Zusammen a—c	86	185	437	301	1009	100,0						

wiederum die periodischen mit 281 min oder 55,43%. Unregelmäßige Erektionen sind dagegen entschieden weniger zu beobachten (6,31%). Mittelstarke waren in 349 min oder 34,59% zu erfassen, während die schwachen Erektionen nur 153 min lang (15,16%) registriert wurden.

Betrachten wir schließlich alle *periodischen* Erektionen gemeinsam, so sehen wir, daß sie 515 von 1009 min andauern (51,04%). *Aperiodische* Erektionen dauern 335 min (53,20%) an, während *unregelmäßige* nur 159 min lang dauern (15,76%). Überwiegen bei starken und mittelstarken Erektionen die periodischen, so dominieren die unregelmäßigen bei schwachen mit 44,44% der Gesamt erektionsdauer einer Nacht.

Berücksichtigt man den Schlaf vom Abend zum Morgen, so ist eine Verlagerung der Erektionsstärke sichtbar. In den Schlafstunden gegen Mitternacht kommen mehr mittelstarke und schwache, gegen Morgen die starken Erektionen vor. In den letzten Schlafstunden (zwischen 6,01. und 8. Std) werden schwache Erektionen nicht mehr abgeleitet.

Die Beziehungen der Erektionen zu Schlaftiefe und Schlafqualität (Tab.4)

Von den insgesamt 1009 Erektionsminuten fallen 736 in die Phasen des paradoxen Schlafes (72,94%). Im leichten Schlaf sieht man sie für 257 min (25,47%) und im Tiefschlaf nur für 16 min (1,59%).

Qualitativ und quantitativ ist eine bemerkenswerte Verteilung der Erektionen in den verschiedenen Schlafperioden und -phasen zu verzeichnen.

Von der Gesamtdauer der starken Erektionen (507 min) entfallen 70,41% auf die Phasen des paradoxen Schlafes (357 min). Der leichte Schlaf beansprucht 134 min (26,43%) und der Tiefschlaf nur 16 min (3,16%). Berücksichtigt man die periodischen Erektionen, so sieht man, daß sie in 100% der Erektionszeit in paradoxen Schlafphasen ablaufen (Tab.4). Die aperiodischen starken Erektionen hingegen verbringen 124 min von 194 min im leichten Schlaf und nur 70 min werden im paradoxen Schlaf abgeleistet. Unregelmäßige treten im paradoxen Schlaf seltener, dafür aber im Tiefschlaf um so häufiger auf. Auch bei mittelstarken Erektionen beansprucht der paradoxe Schlaf alle periodischen, während aperiodische vorwiegend im leichten Schlaf ablaufen (Tab.4). Bei schwachen Erektionen sind die unregelmäßigen fast nur in den Phasen des paradoxen Schlafes zu registrieren.

Von 515 min periodischer Erektionen liefen 509 min im paradoxen Schlaf ab. Von 335 min aperiodischer Erektionen fanden sich 138 min im paradoxen und 197 min im leichten Schlaf. Die unregelmäßigen kamen sowohl im paradoxen als auch im leichten Schlaf vor.

Unter dem leichten Schlaf verstehen wir die Schlafstadien A, B, C, unter Phasen des paradoxen Schlafes die *Traumphasen* und unter dem

Tabelle 4. *Vorkommen und Dauer der Erektionen in verschiedener Schlaftiefe und Schlafqualität in der zweiten Untersuchungsnacht*
 Dehnungsstärke (Dehnungsgröße, Amplitude), Art der Erektionsverläufe
 und ihre Dauer in Minuten und Prozentsätzen

Schlaftiefe oder Schlafqualität	A. Starke Erektionen				B. Mittelstarke Erektionen				C. Schwache Erektionen				A, B und C Zusammen			Total:				
	a) periodische	b) aperiodische	c) unregelmäßige	Zusammen a—c	a) periodische	b) aperiodische	c) unregelmäßige	Zusammen a—c	a) periodische	b) aperiodische	c) unregelmäßige	Zusammen a—c	Dauer in Minuten	Dauer in Prozentsätzen	Periodische (Aa, Ba, Ca)	Aperiodische (Ab, Bb, Cb)	Unregelmäßige (Ac, Bc, Cc)	In Minuten	In Prozentsätzen	
Gewöhnlicher Schlaf	281	70	6	357	70,41	198	21	21	240	68,77	30	47	62	139	90,85	509	138	89	736	72,94
	—	124	10	134	26,43	—	71	38	109	31,23	6	2	6	14	9,15	6	197	54	257	25,47
	—	—	16	16	3,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16	16	1,59
Zusammen:	281	194	32	507	100,0	198	92	59	349	100,0	36	49	68	153	100,0	515	335	159	1009	100,0

Begriff Tiefschlaf die Schlafstadien D, E nach LOOMIS u. Mitarb. (siehe in JOVANOVIĆ, 1965).

Korrelationen der Erektionen und der Phasen des paradoxen Schlafes (PS)

Kumulative Korrelationen der ersten Erektionsphase und PS konnten nur bei Versuchsperson 10 nicht gefunden werden. Der PS wurde wegen des Ausbleibens der raschen Augenbewegungen (REM = Rapid Eye Movements, DEMENT u. KLEITMAN, 1957) nicht als sicher akzeptiert. Die Korrelationskoeffizienten (r) bei den übrigen Versuchspersonen bewegen sich zwischen 0,9622 und 0,4575. Ihre Signifikanz liegt zwischen 2 und 0,1%.

Die Korrelationen der ersten mit den zweiten Erektionsphasen und dem PS sind zwischen $r = 0,9370$ bis $r = 0,3635$. Etwas lockere Korrelationen sieht man auch hier wie in den ersten Phasen jeweils bei zwei Versuchspersonen.

Die ersten, zweiten und dritten Phasen, unter sich kombiniert, ergaben $r = 0,9347$ bis $r = 0,3000$. Lediglich bei einer Versuchsperson war eine lockere Korrelation der Erektionen mit dem PS zu verzeichnen. Bei den übrigen neun Männern sind die Koeffizienten über 0,5. Das Gesamtbild der Korrelationen aller ersten, zweiten, dritten und vierten Erektionsphasen und Phasen des paradoxen Schlafes zeigt ebenfalls hohe r . Nur bei Versuchsperson 5 beträgt $r = 0,4480$ und bei Versuchsperson 6 $r = 0,2960$. Bei den übrigen acht Männern bewegen sich die Korrelationskoeffizienten zwischen $r = 0,8581$ und $r = 0,5124$. Eine weitere Kombination der ersten bis fünften Phasen der Erektionen und des PS ergibt ebenfalls gute Resultate. Bei Versuchsperson 2 ist $r = 0,4843$, Versuchsperson 5 $r = 0,4903$, Versuchsperson 6 $r = 0,3941$. Der r bei den übrigen sieben Versuchspersonen liegt weit über 0,5. Man sieht, daß mit jeder weiteren Kombination der Phasen die Korrelation um jeweils eine Versuchsperson sinkt. Sie bleiben aber dennoch relativ hoch. Auch die Kombination aller Erektionsphasen mit den PS-Phasen einer Nacht ergibt insgesamt gesehen gute Korrelationsgrade. Die lockerste Korrelation liegt bei $r = 0,4520$.

Betrachten wir die *Gesamtkorrelationen* (von allen Versuchspersonen) zwischen der ersten Erektions- und PS-Phase, der zweiten Erektions- und PS-Phase und entsprechend zwischen den dritten, vierten und fünften Erektions- und Traumphasen, so gewinnen wir auch hier gute Korrelationskoeffizienten ($r = 0,7866$ und $r = 0,4555$). Lediglich die letzte Erektionsphase ergibt keine festen Korrelationen mit der letzten Phase des paradoxen Schlafes, da Erektionen durchschnittlich in fünf und der paradoxe Schlaf in vier Phasen in einer Nacht ablaufen.

Alle angeführten Korrelationen beziehen sich auf das synchrone Vorkommen der Phasen.

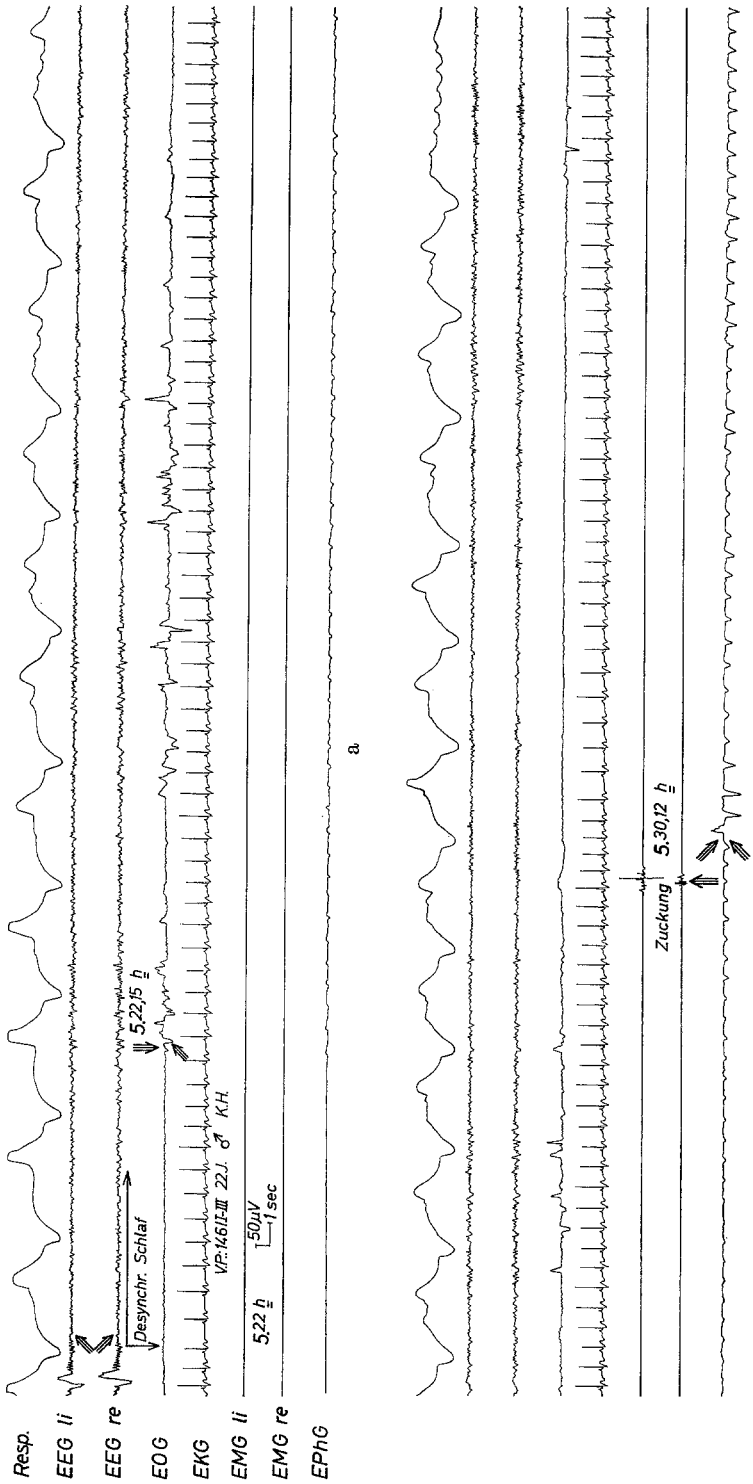


Abb. 2 a und b (Erläuterungen siehe unter d)

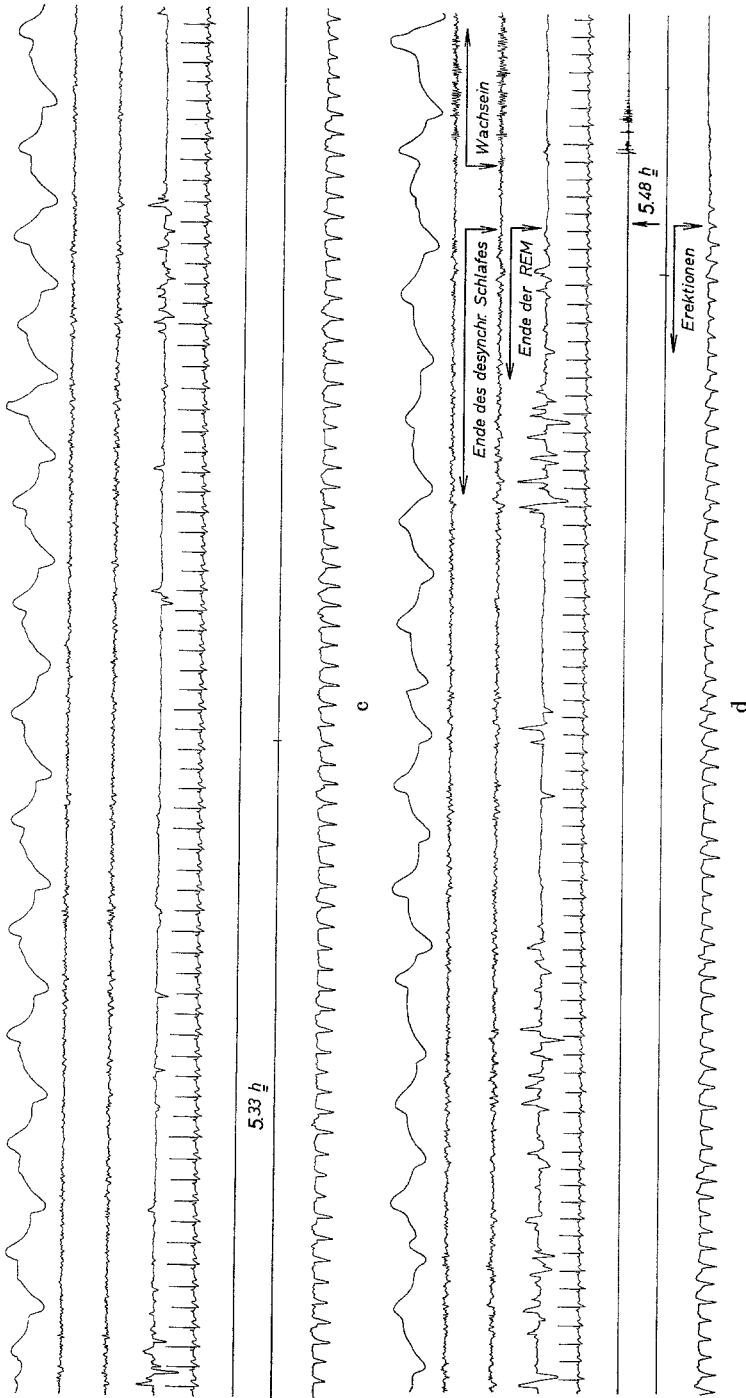


Abb. 2 a—d. Darstellung einer Eraktionsphase bei einem 22jährigen gesunden Mann zwischen 5.22 und 5.48 Uhr morgens. Zusätzliche Registrierungen: Atemfrequenz (Resp.), Elektroencephalogramm (EEG), Elektrooculogramm (EOG), Elektrokardiogramm (EKG), Elektromyogramm von den Unterarmen (EMG). Das Phallogramm (EPHG) zeigt den Beginn der schwachen Eraktionen bei Beginn des paradoxen Schlafes (a). Bei einer kurzen Zuckung des linken Unterarmes erscheinen mittelstarke (b) Eraktionen, die unter c stärker werden und unter d mit dem Ende der Traumphase aufhören. Die Versuchsperson ist in Tab. 1 unter Nr. 4 aufgeführt

Korrelationen der Zeitdauer bei Erektionen und Traumphasen liegen ebenfalls hoch. Bei der zweiten Phase ist $r = 0,3038$, bei den übrigen ist r über $0,5767$. Hinsichtlich der kumulativen Korrelationen ist eine Signifikanz bei den Kombinationen der dritten und vierten sowie vierten und fünften Phase nicht nachweisbar. Die übrigen Korrelationen liegen mit ihren Signifikanzniveaus zwischen 5 und $0,1\%$.

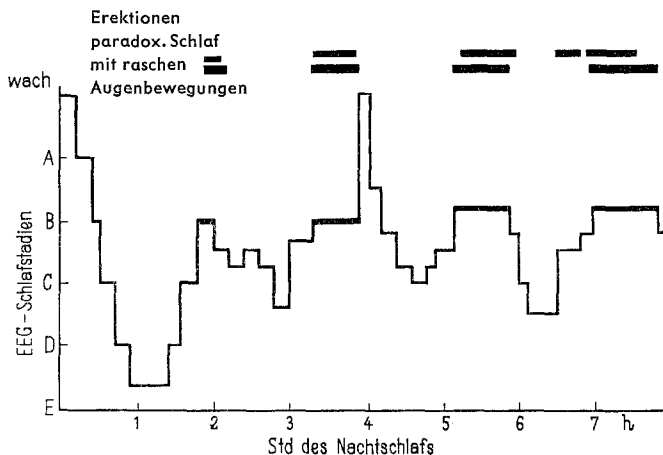


Abb. 3. *Schlafperiodik eines 26-jährigen gesunden Mannes.* Erektionen und Traumphasen treten synchron auf und dauern etwa die gleiche Zeit. Nur die 4. Erektionsphase hat kein entsprechendes Korrelat. Ordinate: Elektroencephalographische Schlafstadien. A—E EEG-Stadien des Schlafes, A Ermüdungsstadium, B Einschlafstadium mit langsamen und paradoxer Traumschlaf mit raschen Augenbewegungen, C leichter Schlaf, D mittlerer Schlaf, E Tiefschlaf. Abszisse: Schlafdauer in Stunden

Die Erektionen erscheinen entweder ganz allmählich, immer weiter anwachsend oder bei kleinen Zuckungen der Extremitäten oder des Körpers (Abb. 2). Sie können aber ebenso ganz allmählich mit abfallender Amplitude oder ruckartig bei einer kleinen Zuckung des Körpers oder der Extremitäten, besonders in den Traumphasen, aufhören.

Die Periodik der Erektionen und des Schlafes wird beispielsweise in Abb. 3 veranschaulicht.

Diskussion

Die vorliegende Mitteilung hat in erster Linie die Aufgabe, Technik, Methodik und erste Ergebnisse einer neuen objektiven Registrierung von Erektionen in einer ganzen Nacht darzustellen.

Der Schlaf wird durch diese Beobachtung nicht besonders gestört, da die Versuchspersonen wie bei anderen neuzeitlichen Schlafuntersuchungen in einem verdunkelten geräuscharmen Raum mit relativ wenig Störfaktoren schlafen. Trotz ständiger Beobachtung und dem

Gefühl, beobachtet zu werden, spielen für diese Untersuchungen derartige Beeinträchtigungen keine große Rolle. Um negative Faktoren auf ein Minimum herabzusetzen, wählten wir vorwiegend Studenten und Kollegen, die sich freiwillig dem Experiment unterzogen und genau darüber Bescheid wußten.

Der Aufnehmer des Zusatzgerätes zur Phallographie (PhG) wiegt nur 2,5 g, ist flüssigkeitsfrei und verursacht keine Störungen des Schlafes. Auch das dazugehörige Kabel ist relativ lang. Da es zugentlastet am Bein befestigt ist, läßt es ein gewöhnliches Drehen und Bewegen im Schlaf zu.

Für ein genaues Ergebnis sehen wir in dem von uns angewandten Phallographen einen Mangel darin, daß die Ausschläge der Peniserektionen nicht, wie bei FISHERS Penisumfangsmessung oder beispielsweise beim EEG, fein *geeicht* werden können. Als Kriterium der quantitativen Auswertung der *starken, mittelstarken* und *schwachen Erektionen* wurde nicht Mikrovolt, sondern ein Millimeter-Maßstab genommen.

Als Ausgleich dieses Mangels mußten wir ebenso wie FISHER u. Mitarb. neben den Registrierungen auch direkte Messungen und Beobachtungen anstellen. In den Kontrollnächten schliefen die Versuchspersonen vorwiegend nackt. Durch ein Fenster und eine halbgeöffnete Tür konnten die Erektionen mit einer Taschenlampe beobachtet werden. In drei Fällen entwickelten sich Erektionen bis zu maximaler Stärke schon beim Anbringen der Apparate. Der Penisumfang wurde sofort gemessen und mit der Amplitudenhöhe der Registriekurve verglichen. Schief die Versuchsperson sehr gut, konnten diese Messungen auch im Schlaf ungestört vorgenommen werden. Erektionen bis maximaler Höhe sind außerdem morgens, beim Aufwachen zu sehen.

Gewisse Vorteile sehen wir in unserer entwickelten Methodik darin, daß die Technik einfacher als bei FISHER u. Mitarb. (1965), jedoch genauso zuverlässig ist.

Trotz relativ unterschiedlicher Technik stimmen unsere Befunde in wesentlichen Punkten mit denjenigen von OHLMEYER u. Mitarb. (1944/47), FISHER, GROSS u. ZUCH (1965), SHAPIRO u. COHEN (1965), KARACAN (1965), KARACAN et al. (1966) überein.

Hinsichtlich der Verlässlichkeit der vorliegenden Befunde muß noch folgendes beigefügt werden. Alle über Schlaferektionen sprechende Autoren berichteten über ein periodisches Vorkommen in 3—5 Phasen pro Nacht. Die ersten zwei Arbeiten über die Periodik der Erektionen deutscher Autoren (OHLMEYER et al.) erschienen vor über 20 Jahren, d. h. vor der Entdeckung der Kleitmanschen raschen Augenbewegungen im Schlaf und deren Beziehungen zu Träumen. Gemäß OHLMEYER et al. sollen die Erektionen alle 84,5 min auftreten und durchschnittlich 25,5 min dauern. Andere Forscher des Schlafgebietes, die mit poly-

graphischen Registriermethoden arbeiteten, fanden heraus, daß Verteilung, Häufigkeit und Dauer der Erektionsperioden in gewisser Weise mit den Traumperioden zusammenhängt. Daraus entstand die Frage, ob diese beiden Phänomene nicht synchron sein könnten. Der erste, der versuchte, diese Frage zu erörtern, war OSWALD (1962). MAC LEAN u. PLOOG (1962) fanden beim Affen Erektionen nach Zwischenhirnreizung. Bei Betrachtung der morphologischen und funktionellen Punkte des Hirnstammes und des limbischen Systems, die nach diesen Autoren für die Erektionen verantwortlich sind, kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, darin einen Zusammenhang für Regelung und Steuerung von Schlaf und Erektionen zu sehen.

In den letzten Jahren entwickelten FISHER, GROSS u. ZUCH bei Schlafversuchen die eingangs erwähnten drei Registriermethoden der Erektionen. Obwohl sich diese voneinander unterschieden, waren die Ergebnisse doch ziemlich genau und übereinstimmend. Die Autoren verglichen außerdem auch die Resultate mit der Traumperiodik und fanden sichere zeitliche Korrelationen der Erektions- und Traumperioden. SHAPIRO u. COHEN (1965) und KARACAN (1965) bestätigten unabhängig FISHERS u. Mitarb. Ergebnisse. In einem Referat gibt JUNG (1965) eine kritische Übersicht über die bisher bekannten Resultate der Erektionen und physiologischen Komponenten der Träume. Weiter versuchten KARACAN u. Mitarb. (1966) einen Zusammenhang der Erektionen bei Männern mit der Traumangst zu finden und stellten fest, daß die Erektionsqualität und -stärke tatsächlich von der Angst im Traum abhängig sein kann. FISHER u. Mitarb. fanden Verminderung der Erektion bei Angstträumen.

Zusammenfassend lassen uns all diese Ergebnisse schließen, daß zwischen der Periodik der Erektionen im Schlaf und dem Traum des paradoxen Schlafes feste Korrelationen bestehen, wie sie auch in der vorliegenden Mitteilung nach statistischer Bearbeitung gefunden werden konnten. Die bei BAUST (1965), JOUVET (1965), JEANNEROD et al. (1965) und anderen, hier nicht zitierten Autoren zusammengefaßten physiologischen Korrelate des Traumes bzw. paradoxer Schlafphasen korrelieren auch mit den Erektionsphasen. Jede Traumphase muß allerdings nicht genau simultan mit Erektionen ablaufen.

Damit kommen wir zum nächsten Punkt, nämlich zur Frage der *Erektionen außerhalb des paradoxen Schlafes*. Von 51 Erektionsphasen sahen wir nur viermal einen fast sekundengenauen Anfang und Ende der Erektionen und der Traumphase. In den übrigen Fällen fand sich wie bei FISHER eine Dissoziation von Beginn und Ende zwischen Erektionen und Traumphasen wie auch zwischen den physiologischen Korrelaten innerhalb der Traumphasen. Sie kann unseres Erachtens als physiologisch angesehen werden. Schließlich können die Erektionen

auch nach dem Aufhören des paradoxen Schlafes allein persistieren, bis sie vollkommen zurücktreten. Die gewisse Diskrepanz zwischen der Anzahl der Erektionsphasen bei uns und anderen Autoren kann auf die längere (bei uns) oder kürzere (OHLMEYER u. Mitarb.) Schlafdauer zurückgeführt werden.

Wir glauben nicht, alle einzelnen Eigenschaften des Schlafes, insbesondere des paradoxen Schlafes noch einmal diskutieren zu müssen. Breitere Versuche mit erweiterten Auswertungsmöglichkeiten werden es uns vielleicht ermöglichen, zu den Beziehungen der Erektionen mit den Traumphasen und zum Trauminhalt, speziell zum sexuellen Trauminhalt, näher Stellung zu nehmen.

Zusammenfassung

Dargestellt wird eine neue Methode zur objektiven Registrierung der Peniserektionen während des natürlichen Nachtschlafes. Die Versuchspersonen sind in ihrem Schlaf durch diese Technik nicht beeinträchtigt. Simultan wird das EEG, Augenbewegungen, Muskeltätigkeit, Atmung, Herzaktion, galvanischer Gleichstromhautwiderstand ununterbrochen für 8—9 Std beobachtet. Dabei ergibt sich in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen:

1. Erektionen erscheinen durchschnittlich fünfmal für 8—50 min pro Nacht, die kürzeren Erektionen gegen Mitternacht, die längeren gegen Morgen.

2. Erektionen dauern in den ersten zwei Schlafstunden durchschnittlich 9, in den nächsten zwei 18, in den dritten rund 44 und in den vierten 30 min (relative Zeiten). Insgesamt war die Dauer 101 min.

3. Im Verhältnis zu absoluten Zeiten treten Erektionen meistens nicht vor 0.30 und nach 7.00 Uhr auf.

4. Quantitativ und qualitativ sind Aa) starke periodische, Ab) starke aperiodische, Ac) starke unregelmäßige, Ba) mittelstarke, periodische, Bb) mittelstarke aperiodische, Bc) mittelstarke unregelmäßige, Ca) schwache periodische, Cb) schwache aperiodische und Cc) schwache unregelmäßige Erektionen zu beobachten. Die periodischen überwiegen bei starken und die unregelmäßigen bei schwachen Erektionen.

5. Bei zehn gesunden erwachsenen Männern wurden pro Nacht 1009 Erektionsminuten registriert, 72,94% simultan mit den Phasen des paradoxen Schlafes (Traumphasen). Korrelationskombinationen von Erektions- und Traumphasen ergeben hohe Koeffizienten.

Summary

A new method for objective registration of penile erection during natural sleep was devised with a technique, that subjects were not disturbed in sleep. This phallography (PhG) was registered simultaneous

with EEG, EMG, EOG, ECG, GRH and respiration. Erections occur in 5 phases per night, each of them of 8—50 min. The shorter phases are seen at midnight, the longer towards morning. Correlations between erections and dreamphases of paradoxical sleep show a high degree of correlation. Qualitatively and quantitatively different erections Aa) strong periodical, Ab) strong aperiodical, Ac) strong irregular, Ba) midstrong periodical, Bb) midstrong aperiodical, Bc) midstrong irregular, Ca) slight periodical, Cb) slight aperiodical and Ce) slight irregular were observed. The periodical erections predominate in strong and the irregular in slight ones. A conformity in essential points were found in comparison with other authors.

Literatur

- ASERINSKY, E., and N. KLEITMAN: Two types of ocular mobility occurring in sleep. *J. appl. Physiol.* **8**, 1—10 (1955a).
- — A mobility cycle in sleeping infants as manifested by ocular and gross bodily activity. *J. appl. Physiol.* **8**, 11—19 (1955b).
- BALDRIDGE, B. J., R. M. WHITMAN, and M. KRAMER: The concurrence of fine muscle activity and rapid eye movements during sleep. *Psychosom. Med.* **27**, 19—25 (1965).
- BAUST, W.: Physiologische Korrelate des Traumes. *Fortschr. Med.* **83**, 337—341 (1965).
- DEMENT, W. C.: The effect of dream deprivation. *Science* **131**, 1705—1707 (1960).
- Eye movements during sleep. The oculomotor system, pp. 366—416. M. B. BENDER (Edit.). New York: Harper and Row 1964.
- , and N. KLEITMAN: The relation of eye movements during sleep to dream activity: An objective method for the study of dreaming. *J. exp. Psychol.* **53**, 339 to 346 (1957a).
- — Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body mobility and dreaming. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **9**, 673—690 (1957b).
- , and E. A. WOLPERT: The relation of eye movements, bodily mobility and external stimuli to dream content. *J. exp. Psychol.* **55**, 543—553 (1958).
- FISHER, C., J. GROSS, and J. ZUCH: Cycle of penile erection synchronous with dreaming (REM) sleep: Preliminary report. *Arch. gen. Psychiat.* **12**, 29—45 (1965).
- JEANNEROD, M., et J. MOURET: Étude comparative des mouvements oculaires observés chez le chat au cours de la veille et du sommeil. *J. Physiol. (Paris)* **55**, 268—270 (1963).
- JOUVET, M.: Paradoxical sleep: A study of its nature and mechanisms. *Progr. Brain Res.* **18**, 20—62 (1965).
- JOVANOVIĆ, U. J.: Einige Ergänzungen des elektroencephalographischen Schlafschemas. *Med. Klin.* **60**, 2131—2135 (1965).
- A method of phallography (PhG). *Conf. neurol.* (im Druck) (1967).
- JUNG, R.: Physiologie und Pathophysiologie des Schlafes. *Verh. dtsh. Ges. inn. Med.* (71. Internisten-Kongreß 1965). München: J. F. Bergmann 1965.

- KARACAN, I.: The effect of exciting presleep events on dream reporting and penile erections during sleep. Unpublished doctoral dissertation. Department of Psychiatry, Downstate Medical Center Library. Brooklyn, N.Y.: New York University 1965.
- D. R. GOODENOUGH, A. SHAPIRO, and STEVEN STARKER: Erection cycle during sleep in relation to dream anxiety. *Arch. gen. Psychiat.* **15**, 183—189 (1966).
- MAC LEAN, P. D., and D. W. PLOOG: Cerebral representation of penile erection. *J. Neurophysiol.* **25**, 29—38 (1962).
- O'CONNEL, D. N., and B. TURSKY: Special modification of the silver-silver chloride sponge electrode for skin recording. *Psychophysiol. Newsltr.* **8** (2), 31 (1962).
- —, and M. T. ORNE: Electrodes for the recording of skin potential: An evaluation. *Arch. gen. Psychiat.* **3**, 252 (1960).
- OHLMEYER, P., u. H. BRILMAYER: Periodische Vorgänge im Schlaf. II. Mitteilung. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **249**, 50 (1947).
- — u. H. HÜLSTRUNG: Periodische Vorgänge im Schlaf. *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **248**, 559 (1944).
- OSWALD, I.: *Sleeping and waking. Physiology and Psychology*, pp. 142. New York: Elsevier Publishing Co. 1962.
- SCHUBERT, E.: Sexualstörungen und ihre Behandlung. *Z. Haut- u. Geschl.-Kr.* **32**, 373—377 (1962).
- SHAPIRO, A., and H. COHEN: The use of mercury capillary length gauges for the measurement of the volume of thoracic and diaphragmatic components of human respiration: A theoretical analysis and practical method. *Trans. N.Y. Acad. Sci.* **27** (series II), 634 (1965).
- WOLPERT, E. A.: Studies in psychophysiology of dreams. II. An electromyographic study of dreaming. *Arch. gen. Psychiat.* **2**, 231 (1960).

Dr. UROŠ J. JOVANOVIĆ
Universitäts-Nervenklinik
8700 Würzburg, Fuchsleinstr. 15