

Untersuchungen zum Aktivierungs- und Habituationsverhalten hirntraumatisch geschädigter Kinder und Jugendlicher unterschiedlichen Schweregrades*

G. Lamberti und K. H. Wieneke

Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie der Universität (Direktor: Prof. Dr. Dr. phil. et jur. h.c. H. Stutte), Marburg, Bundesrepublik Deutschland

Activation and Habituation in Children and Adolescents with Mild and Severe Head Injury

Summary. The aim of this study was to analyse the pattern of activation and habituation of youngsters with head injuries depending on the injury's gravity. Nine patients were examined with decerebration after an apallic syndrome; the control group contained ten patients with slight cerebral contusion.

The complex test stimulus (optical and acoustical stimulation requiring a reaction) was a phase of a daily, continuous 4-min load with the 'Wiener Determinationsgerät' (Schuhfried). The frequency of heartbeat was registered for 4 (8) days. We analysed the physiological and psychosubjective estimation as well as the psychophysical level of measuring to obtain concrete steps for rehabilitation, depending on the possible interactions.

All variables demonstrated a definite distinction between the two groups of patients. Analysis of heartbeat frequency showed that, in spite of similar initial levels of activity, 'initial sensitization' appeared only in the control group; it diminished with habituation and repetition of the stimulus.

The descriptive analysis of the HR development in the form of a mathematical exponential function showed that there were three relatively consistent types of reaction: sensitization, habituation, and indifference (nonresponder). The habituation reaction was found only in the control group, indifference only in the group of apallic patients.

The analysis of reciprocal action of different levels of measurings shows a certain disorder in the functional systems of the apallic patients, as described by Luria (1976). After the test stimulus the sensomotor and physiological systems

* Die hier zitierten experimentellen Untersuchungen stammen aus dem Teilprojekt D 7 des SFB 122 an der Universität Marburg/Lahn unter Leitung von Prof. Dr. Dr. H. Remschmidt. Sonderdruckanforderungen an: Dr. G. Lamberti, Rheinische Landesklinik Bonn, Psychologisches Labor, Kaiser-Karl-Ring 20, D-5300 Bonn 1, Bundesrepublik Deutschland

do not interact optimally in comparison with patients with slight head injuries. The resulting steps for rehabilitation are discussed.

Key words: Head injury – Physiological habituation – Neuropsychology – Experimental study.

Zusammenfassung. Das Ziel dieser Studie bestand in der Analyse des Aktivierungs- und Habituationverhaltens hirntraumatisch geschädigter Jugendlicher in Abhängigkeit vom Schweregrad der Schädigung. Untersuchungsgruppen waren die i.S. einer „Decerebration“ schwer hirngeschädigten Patienten mit Zustand nach apallischem Syndrom ($N=9$) sowie als Kontrollgruppe ein klinisches Klientel von $N=10$ Patienten mit Zustand nach leichter Hirnkonfusion.

Der Versuchreiz einer komplexen Reizdarbietung (optische und akustische Stimulation mit Reaktionserfordernis) bestand in einer täglich 4minütigen Dauerbelastungsphase am Wiener Determinationsgerät (n. Schuhfried). Dabei erfolgte eine kontinuierliche Registrierung der Herzfrequenz über 4 bzw. 8 Tage, wobei neben der physiologischen auch die psychisch-subjektive (Einschätzung der subjektiv erlebten Aktiviertheit) sowie die psychophysische (Leistungsquotient) Meßebene analysiert wurden, um aus der möglichen Wechselwirkung konkrete Rehabilitationsmaßnahmen ableiten zu können.

Die Befunde zeigten bei allen Variablen eine klare Differenzierung zwischen den Patientengruppen: die Analyse der Herzfrequenz ergab, daß trotz gleichen Ausgangsniveaus der Aktiviertheit nur bei der Kontrollgruppe eine „initiale Sensibilisierungsreaktion“ auftrat, die sich im Laufe der Reizwiederholung i.S. einer „Habituation“ verminderte.

Bei einer deskriptiven Analyse der HR-Verläufe in Form von mathematischen Exponentialfunktionen zeigte es sich, daß sich im wesentlichen drei relativ stabile Reaktionstypen abzeichneten, nämlich sog. „Sensibilisierer“, „Habituierer“ sowie „Indifferenztypen“, wobei die Habituierer nur bei der Kontrollgruppe, die Indifferenztypen hingegen nur bei den apallisch geschädigten Patienten auftraten.

Die Untersuchung der Wechselwirkung verschiedener Meßebenen legt eine gewisse „Entkoppelung funktioneller Systeme“, wie sie u.a. von Luria (1976) beschrieben werden, bei apallisch geschädigten Patienten nahe, wobei unter dem Versuchsreiz sensomotorische und physiologische Systeme offensichtlich nicht in einer optimal aufeinander abgestimmten Weise ablaufen, wie dies überwiegend bei den nur leicht hirngeschädigten Vergleichspatienten gefunden wurde.

Hieraus resultierende Rehabilitationsmaßnahmen werden erörtert.

Schlüsselwörter: Hirntrauma – Physiologische Habituation – Neuropsychologie – Experimentelle Studie.

I. Einführung

Ein für das Überleben wichtiges Prinzip besteht in der Möglichkeit des Organismus, unbekannten und potentiell gefährlichen Reizen Aufmerksamkeit zu schen-

ken und eher bekannte, weniger gefährliche Reize hingegen zu ignorieren. Von den dauernd vorhandenen Reizen der Umgebung ist jedoch nur ein Bruchteil für das Individuum jeweils relevant und bedeutsam, während der größte Teil der Unweltveränderungen und Umweltreize hingegen vertraut ist und keine Erregung auslösen sollte.

Die Fähigkeit des Nervensystems zur selektiven Aktivitätserhöhung wird im allgemeinen unter dem Begriff der *Aufmerksamkeit* gefasst, während die Aktivitäts-hemmung hingegen durch den Begriff der *Habituation* nach wiederholter identischer Reizung beschrieben wird.

Eine relativ umfassende Begriffsbestimmung stammt von Mackworth (1970), der unter dem Terminus Aufmerksamkeit „die Auswahl biologisch bedeutsamer und die gleichzeitige Hemmung unwichtiger Reize versteht“ und der die Habituation „als Absinken einer Reaktion als Folge wiederholter identischer Stimulation“ betrachtet. Nach Ansicht dieses Autors stellt die Habituation einen angeborenen, physiologischen Reaktionsmechanismus dar, der zentralnervös im wesentlichen aus der Veränderung des evozierten Potentials sowie der Modifi-kation der unspezifischen Arousal-Reaktion, der α -Blockade, besteht.

Obgleich die Charakteristiken des sogenannten Habituationemechanismus relativ frühzeitig und detailliert beschrieben wurden (Glaser 1968; Thompson 1966; Birbaumer 1975), so bestehen dennoch erhebliche Schwierigkeiten in einer terminologischen Differenzierung bzw. operationalen Definition von inhaltlich und funktionell verwandten Mechanismen, wie z.B. Extinktion, Adaptation oder etwa Müdigkeit.

Die derzeit vorherrschenden Erklärungsmodelle für diesen fundamentalen biologischen Mechanismus verdeutlichen die Kompliziertheit dieses Mechanismus: Während im anglo-amerikanischen Bereich das „Zwei-Prozeß-Modell“ der Habituation von Groves und Thompson (1972) dominiert, herrscht im ost-europäischen Sprachraum das „Stimulus-Komparator-Modell“ von Sokolov (1975) vor. In einer grundlegenden Studie zur Habituation psychophysio-logischer Größen setzt sich Schandry (1978) kritisch mit beiden Theorien auseinander und kommt u.a. zu dem Schluß, daß sich erhebliche Überschnei-dungen beider Modelle ergeben.

Die Bedeutung des Habituationprozesses in der Psychopathologie wurde insbesondere von Birbaumer (1975, 1977) exemplarisch ausgeführt.

Da aber Habituationuntersuchungen an hirngeschädigten Patienten relativ selten sind (vgl. z. B. Holloway und Parsons 1972), interessierte im Rahmen dieser Studie das kurz- bzw. langfristige Habituationverhalten hirntraumatisch Ge-schädigter unterschiedlichen Schweregrades.

II. Methodik

Die Untersuchungen am klinischen Klientel fanden im Zeitraum zwischen 1976 und 1978 statt. Eine ausführlichere Darstellung erfolgte in der Arbeit von Lamberti (1979)¹.

¹ Für die Ermöglichung der statistischen Analysen im Psychologischen Labor der Rheinischen Landesklinik Bonn sei an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. A. Huhn herzlich gedankt

	Gruppe	
	II	I
Klinische Diagnose	Zustand nach leichter Contusio cerebri	Zustand nach apallischem Syndrom (n. Gerstenbrand)
Stichprobengröße	<i>N</i> = 10	<i>N</i> = 9
Durchschnittliches Unfallalter	9;2	9;3
Untersuchungsalter	13;3	15;7
Geschlechtsverteilung	6 männlich 4 weiblich	8 männlich 1 weiblich
Spätfolgen	keine	überwiegend: Restparesen Spätepilepsie Intelligenzminderung Restaphasien Wesensänderung
Schulische Rehabilitation	Schulbildung wie vor Unfall	vorwiegend: Sonderschulzweig von Körperbehindertenschulen

Tabelle 1. Charakterisierung des insgesamt untersuchten klinischen Klientels nach spezifischen Parametern

1. Beschreibung der Stichprobe

Wie bereits angedeutet, besteht die Experimentalgruppe aus Patienten mit Zustand nach Hirnkontusion unterschiedlichen Schweregrades. Da sich die Schweregradbestimmung als problematisch erwiesen hat (vgl. dazu auch Remschmidt und Stutte 1980), wird in dieser Studie auf das primäre Kriterium der „Dauer der Bewußtseinsstörung“ bzw. der „Bewußtlosigkeit“ zurückgegriffen. Bei allen Patienten der Experimentalgruppe handelte es sich um eine klinisch abgesicherte „Contusio cerebri“, für die Poeck (1972) charakteristische Kriterien angegeben hat. In allen Fällen lag zudem ein „apallisches Syndrom“ vor, wobei die von Gerstenbrand (1967) angegebenen Kriterien, insbesondere die Bewußtseinsform des „Coma vigil“ bzw. Störungen des Schlaf-Wach-Rhythmus, gegeben sein mußten.

Da das Problem einer adäquaten klinischen Kontrollgruppe nicht unerheblich ist und in der Literatur mehrfach erörtert wurde (vgl. dazu Hartje und Orgass 1972), wurde hier auf ein Klientel von *N* = 10 Patienten mit Zustand nach leichter Hirnkontusion zurückgegriffen. Unter leichter Contusio cerebri wird eine klinisch gesicherte Contusio ohne Bewußtlosigkeit verstanden. Bei diesen Patienten lag in der Akutphase nach dem Trauma in keinem Fall eine längerfristige Bewußtseinsstörung vor, es zeigten sich jedoch stets entsprechende neurologische Ausfallserscheinungen (z. B. Hemiparese oder auffälliger EEG-Befund).

Tabelle 1 gibt eine Charakterisierung des klinischen Klientels nach klinischer Diagnose, Unfallalter und weiteren Parametern.

2. Darstellung des Versuchsplans

Gemäß der vorliegenden Problemstellung sollte das Habituationserhalten primär auf physiologischer, jedoch sekundär auch auf subjektiv-psychophysischer Ebene untersucht werden. Die physiologische Variable bestand dabei in der Herzfrequenz (gewöhnliche EKG-Ableitung mit

Registrierung auf Circoprint-II-Gerät der Fa. Gutmann), während die subjektiv-psychophysische Variable im subjektiv skalierten Grad der Aktiviertheit (nach einer Eigenschaftswörterliste von Janke und Debus 1978) besteht.

Der Versuchsreiz, auf den hin das Habituationsverhalten untersucht werden sollte, bestand in einer 4minütigen Dauerbelastung am Wiener Determinationsgerät nach Schufried. Bei diesem komplexen Reiz-Reaktions-Gerät müssen auf Signale unterschiedlicher Modalität (optische Farbsignale sowie akustische Signale mit zwei Tonhöhen) entsprechende Wahlreaktionen (entweder Fuß- oder Handreaktion) erfolgen. In psychophysischer Sicht handelt es sich bei der erforderlichen Leistung um adäquates Reaktionsvermögen bei komplexer Reizsituation. Der *Reizzyklus* als solcher wurde bei jedem Durchlauf konstant gehalten, um gleiche Reizbedingungen pro Versuchsperson bzw. pro Versuchstag zu gewährleisten.

Die Verwendung dieser relativ komplexen Versuchsgröße erschien günstig, da einerseits ein hohes Maß an psychovegetativer Belastbarkeit benötigt wird (und daher eine entsprechende physiologische Aktivierung resultieren sollte) sowie andererseits auch eine Leistungsgröße in die Analyse mit aufgenommen werden konnte.

Der Versuchsablauf wiederholte sich bei der klinischen Kontrollgruppe über insgesamt 4 Tage, bei den schwerer geschädigten Patienten mit Zustand nach apallischem Syndrom über insgesamt 8 Versuchstage.

3. Anmerkungen zur physiologischen Meßgröße

Die Auswahl der physiologischen Meßgröße, die stets ein zentrales inhaltliches wie methodisches Problem darstellt, war primär von der Art des verwendeten Versuchsreizes bzw. auch andererseits vom Ausmaß der zentralnervösen Steuerung des verwendeten Parametrs abhängig. Frühere Befunde zur physiologischen Adaptationsfähigkeit nach Hirntraumen unterschiedlichen Schweregrades (Holloway and Parsons 1972; Remschmidt und Stutte 1980) zeigten bereits auf, daß die Herzrate ein sehr empfindlicher und verlässlicher Indikator zentralnervös gesteuerter Aktivierung ist. In Anlehnung an die Befunde von Birbaumer (1977) wurde bei dem hier gewählten Versuchsreiz die Herzrate als Meßgröße gewählt, da im Gegensatz zum Hautwiderstand (Aktivierungsabbild sensorisch-afferenter Vorgänge) die Herzfrequenz eher als physiologisches Korrelat motorisch-efferenter Vorbereitungen und Handlungen gilt. Weiter ist anzumerken, daß bei den hier untersuchten Kindern und Jugendlichen im Altersbereich bis zu 20 Jahren bei vielen schwerer geschädigten Patienten erhebliche, vor allem affektive Störeinflüsse bei zu starker Elektrodenapplikation auftreten können.

4. Zur Methodik der Auswertung

Aufgrund der erheblichen inter- und intraindividuellen Variabilität bei physiologischen Meßdaten bzw. der besonderen Bedeutung des Zeitfaktors im Rahmen der Habituation wurde bei dieser Studie auf eine Detailanalyse der Herzfrequenz in Abhängigkeit von der Reizdarbietung besonderer Wert gelegt und auf eine allgemeine statistische Datenverarbeitung verzichtet. Zur Analyse der Herzfrequenzverläufe wurde in Anlehnung an das bereits zitierte Modell von Groves und Thompson eine Datenanpassung in Form von modifizierten Exponentialfunktionen versucht, wie sie auch aus der Gedächtnispsychologie bekannt sind (vgl. dazu Bousfield und Sedgewick 1944). Nach dem „Zwei-Prozeß-Modell“ zur Habituation ergibt sich als resultierender funktionaler Verlauf eine Kombination aus Sensibilisierungs- sowie Habituationsfunktion. Diese Funktionen werden in mathematischer Form i.a. durch modifizierte e-Funktionen dargestellt:

$$f(t) = C \cdot (1 - e^{-\lambda t}) \quad (1)$$

Die o.a. Funktion beschreibt u.a. die üblichen negativ beschleunigten Lernverläufe in der Lernpsychologie, dabei bestimmt der Parameter C das asymptotische Plateau der Kurve bzw. λ den Geschwindigkeitsparameter, mit welchem die Kurve sich dem Plateau annähert.

Die Habituationsfunktion läßt sich mathematisch wie folgt darstellen:

$$f(t) = e^{a+b \cdot t} \quad (2)$$

Bei der o.a. modifizierten Exponentialfunktion entsprechen wiederum die Parameter a bzw. b den zuvor angegebenen Bedeutungen des Kurvenplateaus bzw. der Geschwindigkeitskomponente (wie bei C und λ).

Tabelle 2. Übersicht zur Aufteilung der untersuchten Patienten in bestimmte physiologische Reaktionstypen

Reaktionstyp	Gruppe			
	Gr. I: Patienten mit Zustand nach apallischem Syndrom		Gr. II: Patienten mit Zustand nach leichter Kontusion	
	Absolut	Prozentual	Absolut	Prozentual
„Sensibilisierer“	2	22%	5	50%
„Habituierer“	0	0%	2	20%
„Indifferenztyp“	5	55%	0	0%
Mischtypen	2	22%	3	30%
Keine eindeutige Zuordnung möglich				

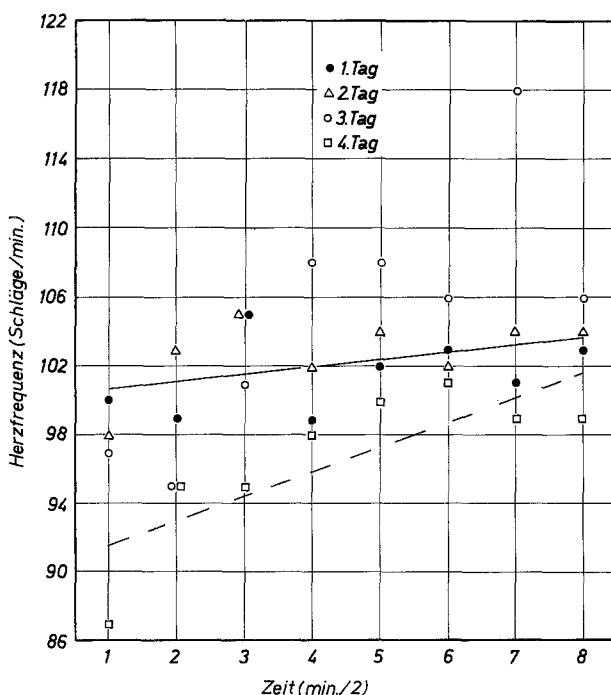


Abb. 1. Darstellung des Reaktionstyp „Sensibilisierer“ anhand der empirischen Herzfrequenzverläufe sowie der mathematischen Angleichung (am 1. und 4. Tag) beim Patienten J.K. Die entsprechenden Ruhepulswerte sind in Tabelle 3 aufgeführt

Eine Kombination beider Funktionsgleichungen, und zwar in multiplikativer Form, dürfte nach Angaben von Lutzenberger, Birbaumer et al. (1978) am ehesten dem Habituationssmodell von Groves und Thompson entsprechen. Die in dieser Studie vorgenommene Datenanpassung erfolgte nach einem Programm von ISIDATA auf dem Kleinrechner CBM 3022 der Firma Commodore, und zwar im Psychologischen Labor der Rheinischen Landesklinik Bonn.

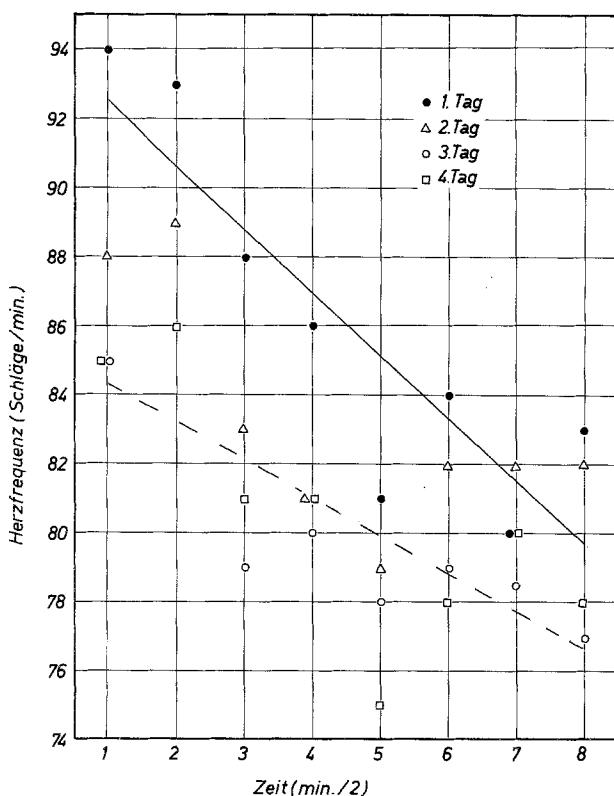


Abb. 2. Darstellung des Reaktionstyp „Habituierer“ anhand der empirischen Herzfrequenz-Verläufe sowie der mathematischen Angleichung (am 1. und 4. Tag) bei der Patientin P.B. Die entsprechenden Ruhepulswerte sind in Tabelle 4 aufgeführt

III. Ergebnisse

Die nachfolgend referierten Befunde zum Habituationverlauf bei hirngeschädigten Patienten beziehen sich insgesamt auf einen Kurzzeitfaktor der Habituation, d.h. Veränderungen, die innerhalb eines Zeitraums von 4 min der Reizdarbietung erfolgen. Diese Kurzzeitveränderungen werden jedoch über eine Versuchsdauer von 4 (Kontrollgruppe) bzw. 8 (Experimentalgruppe) Tagen verfolgt.

Nach umfangreicher deskriptiver Analyse der erhaltenen Befunde zeichneten sich zunächst 3 Reaktionstypen ab, die man a priori mit „Sensibilisierer“, „Habituierer“ sowie „Indifferenztyp“ bezeichnen könnte. Hierbei sind zunächst relativ häufige Mischtypen, die beide Tendenzen, nämlich Sensibilisierung und Habituation, während der Reizphase aufweisen, nicht enthalten. Tabelle 2 enthält eine vorläufige Klassifizierung der 19 untersuchten Patienten nach dem Herzfrequenz-Verhalten. Als Zuordnungskriterium zu den oben aufgeführten physiologischen Reaktionstypen galt, daß in 75% der Messungen relativ gleichsinnige Reaktionsmuster vorliegen mußten, andernfalls erfolgte die Zuordnung zu den sogenannten Mischtypen.

Tabelle 3. Darstellung der Parameterschätzung für die HR-Werte beim Pat. J.K. unter der Angleichungsfunktion $f(t) = A + Bt$

Zeitverlauf	Funktion	Ruhepuls (vor Reiz- serie)	Parameter A	Parameter B
1. Tag	$F(t) = A + Bt$	89,6	101,0	0,0579
2. Tag		88,4	101,9	0,11
3. Tag		75,1	99,7	0,714
4. Tag		78,5	92,1	0,97
5. Tag		76,4	100,5	-0,25
6. Tag		84,5	94,0	0,18
7. Tag		76,7	94,1	1,25
8. Tag		80,7	93,1	1,53

In Abb. 1 sind die empirischen sowie angenäherten Verlaufswerte für einen typischen Sensibilisierer wiedergegeben. Es handelt sich hierbei um einen 13jährigen Patienten, der im Alter von 10 Jahren ein schweres gedecktes Schädelhirntrauma (mit 10tägiger Bewußtlosigkeit) und nachfolgendem apallischen Syndrom (von ca. 9tägiger Dauer) erlitt. Bei diesem Patienten zeigten sich, ca. 3 Jahre nach dem Unfall, zum Teil noch erhebliche physische und psychische Spätfolgen in Form von Restparesen, Zeichen von Restaphasie sowie einer mäßigen Intelligenzminderung.

Das Verhalten der Herzfrequenz zeigt nach Reizbeginn einen relativ kontinuierlichen Aktivierungsanstieg in Form einer Herzfrequenzzunahme, wobei der Grad des Anstiegs im Laufe der 4 Versuchstage offensichtlich stärker wird. Auffallend erscheint weiterhin die kaum abnehmende Diskrepanz zwischen Ruhepuls sowie Aktivierung in der ersten Reizminute. Das relativ hohe Aktivierungsniveau dieses Patienten (Ruhepuls von ca. 90 pro min gegenüber einem Reizpuls bis zu 112 pro min) zeigte sich auch im Kreislauf-Funktionstest nach Schellong, wo altersmäßig erniedrigte Blutdruck- bzw. stark erhöhte Pulsfrequenzwerte auftraten.

Abbildung 2 verdeutlicht das physiologische Reaktionsmuster eines sog. „Habituierers“. Es handelt sich hierbei um eine 15jährige Patientin mit Zustand nach leichter Hirnkontusion (ca. 10 Jahre nach Unfall), die bei der Nachuntersuchung keinerlei traumaspezifische Restsymptome aufwies und auch in sozialer, familiärer bzw. schulischer Sicht keine Auffälligkeiten zeigte.

Die mathematische Angleichung der Versuchsdaten erfolgte bei dieser Patientin in Form einer Exponentialfunktion vom Typ $f(t) = e^{a+b t}$. Die Tabellen 2 und 3 zeigen eine vergleichende Darstellung der Funktionsparameter der Reaktionsarten „Sensibilisierer“ und „Habituierer“, wobei die Angleichung im Falle des „Sensibilisierers“ durch eine lineare Funktion günstiger erschien.

Abgesehen von den unterschiedlichen mathematischen Funktionen zeigt sich bei beiden Patienten eine systematische Veränderung der Funktionsparameter über die gesamte Versuchsdauer. Das physiologisch relativ homogene Reaktionsmuster wird durch das konsistente Verhalten der Parameter widergespiegelt. Wie

Tabelle 4. Darstellung der Parameterschätzung für die HR-Werte beim Pat. P.B. unter der e -Funktion $f(t) = e^{A+Bt}$

Zeitverlauf	Funktion	Ruhepuls (vor Reiz- serie)	Parameter A	Parameter B
1. Tag	$f(t) = e^{A+Bt}$	87,3	4,52	-0,014
2. Tag		79,3	4,46	-0,0085
3. Tag		80,3	4,39	-0,0021
4. Tag		77,6	4,39	-0,0006

Erklärung: A = Plateauparameter, B = Beschleunigungsparameter

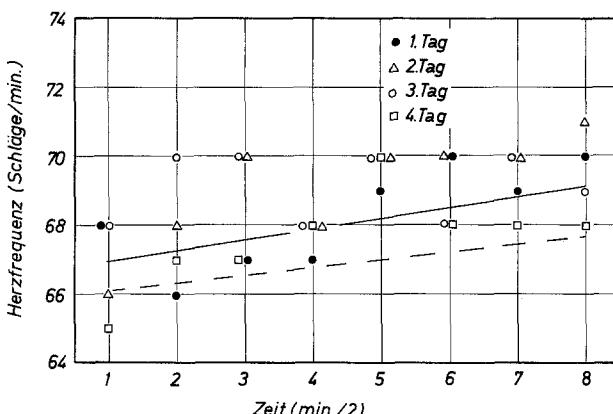


Abb. 3. Darstellung des Reaktionstyp „Indifferenztyp“ (oder: Nicht-Reagierer) anhand der empirischen Herzfrequenz-Verläufe sowie der mathematischen Angleichung (am 1. und 4. Tag) beim Patienten R.H. Die entsprechenden Ruhepulswerte sind in der Tabelle 5 aufgeführt

Tabelle 4 zeigt, ergibt sich beim Beschleunigungsparameter b eine kontinuierliche Abnahme, während der Plateauparameter a sich auf einen konstanten Wert einzupendeln scheint. Ein gänzlich anderes Bild ergibt sich beim Patienten J.K. (Tabelle 3), wo bei einer linearen Angleichungsfunktion der Parameter a über die Versuchszeit von 8 Tagen ständig abnimmt, wohingegen der Parameter b (Beschleunigung des Kurvenverlaufs) über die Zeit relativ stark ansteigt.

In Ergänzung zu den zuvor beschriebenen Verläufen zeigt Abb. 3 die Herzfrequenzverläufe (empirisch und theoretisch) eines schwer geschädigten Patienten mit Zustand nach apallischem Syndrom, ca. 9 Jahre nach dem erlittenen Trauma. Es handelt sich um einen 16jährigen Patienten, der im Alter von 7 Jahren infolge eines Verkehrsunfalles ein schweres gedecktes Schädelhirntrauma mit nachfolgendem apallischem Syndrom erlitt (die Dauer der Bewußtlosigkeit sowie des apallischen Zustandsbildes betrug insgesamt ca. 52 Tage). Dieser Patient zeigte bei der Nachuntersuchung, 9 Jahre nach dem Unfall, noch erhebliche physische und psychische Behinderungen, insbesondere auch eine Spätepilepsie, eine schwere Intelligenzminderung sowie deutliche Zeichen einer organischen Wesensänderung.

Tabelle 5. Darstellung der Parameterschätzung für die HR-Werte beim Pat. R.H. unter der Funktion $f(t) = A + Bt$

Zeitverlauf	Funktion	Ruhepuls (vor Reiz- serie)	Parameter A	Parameter B
1. Tag	$f(t) = A + Bt$	71	65,9	0,52
2. Tag		70,5	66,1	0,72
3. Tag		70,4	69,0	0,036
4. Tag		68,8	66,1	0,33

Die Abbildung 3 zeigt deutlich das relativ stagnierende Niveau der Herzfrequenz, das zwischen Ruhe und Reizphase kaum eine Differenzierung zuläßt. Eine mathematische Angleichung der Versuchsdaten würde hier lediglich linearen Charakter haben, wobei die Funktionsparameter (insbesondere die Beschleunigungsparameter) jedoch unsystematisch variieren, wie Tabelle 5 verdeutlicht. Eine Einschränkung der physiologischen Reagibilität wurde bei diesem Patienten auch im Kreislauf-Funktionstest nach Schellong gefunden, wo unter körperlicher Belastung kaum eine nennenswerte physiologische Reaktion auftrat.

Als weiterer Schritt nach der deskriptiven Analyse der Herzfrequenzverläufe wurde sodann die Korrelation zwischen physiologischer Aktivierung sowie psychophysischer Leistungsfähigkeit (adäquates Wahlreaktionsverhalten) untersucht. In analoger Weise, wie bereits bei Remschmidt et al. (1980) dargestellt, ergab die Spearmansche Rangkorrelation zwischen Herzfrequenz und Wahlreaktionsverhalten bei der klinischen Kontrollgruppe eine signifikant negative Korrelation ($r = -0,63$) gegenüber einem nichtsignifikanten Koeffizienten von $r = 0,04$ bei der Gruppe der apallisch geschädigten Patienten.

IV. Diskussion der Befunde

Zunächst kann festgehalten werden, daß — trotz des individuell recht unterschiedlichen physiologischen Reaktionsmusters — zwischen den Gruppen mit leichter und sehr schwerer Hirnkontusion signifikant unterschiedliche Verlaufstypen aufgefunden werden konnten. Die innerhalb einer Versuchsgruppe vorhandene interindividuelle Variabilität läßt sich bei einer mehr deskriptiven Beschreibung der Meßwerte (durch mathematische Funktion) diagnostisch sinnvoll ausnutzen. Dabei konnten im wesentlichen 3 relativ konstante Reaktionstypen beschrieben werden, die man bezüglich ihres typischen Verhaltens mit „Sensibilisierer“, „Habituierer“ sowie „Indifferenztyp“ (oder auch Nicht-Reagierer) beschreiben könnte. Eine Abnahme der initialen Aktivierungsreaktion (30 s nach Reizbeginn) konnte im wesentlichen nur bei Patienten mit Zustand nach leichter Hirnkontusion gefunden werden, d.h. bei den Patienten, bei denen keine substantielle Hirnschädigung aufgrund des erlittenen Traumas vorlag. Die physiologische Reagibilität bei den Patienten mit Zustand nach apallischem Syndrom zeigte sich als erheblich eingeschränkt, wobei dies auch zum Teil im Kreislauf-Funktionstest nach Schellong zum Ausdruck kam.

Obgleich die Meßgenauigkeit der Herzfrequenz in dieser Studie nur im 30-s-Bereich liegt und damit nur die 2. Komponente der HR-Komponenten der Orientierungsreaktion erfaßt werden dürfte (vgl. dazu Birbaumer 1977; Schandry 1978), nämlich die Beschleunigungskomponente der biphasischen HR-Reaktion, ergibt sich dennoch eine deutliche Differenzierung im hier erfaßten Reaktionsmuster in Abhängigkeit vom Ausmaß der zentralnervösen Schädigung.

Die nach Groves und Thompson (1972) beschriebenen Verlaufstypen lassen sich, zumindest teilweise, auch auf die hier untersuchten Meßwerte übertragen. Inwieweit sich sog. Mischtypen aus „Sensibilisierer“ und „Habituierer“ nachweisen lassen, die dann mathematisch in Form einer multiplikativen Verknüpfung von Exponentialfunktionen dargestellt werden können (vgl. Lutzenberger et al. 1978), müssen weitere Analysen an Patienten mit unterschiedlich schweren zentralnervösen Läsionen ergeben.

Wesentlicher für konkrete Rehabilitationsmaßnahmen erscheint allerdings die schon erwähnte Wechselwirkung verschiedener Meßebenen. Die hier aufgefundene antagonistische Beziehung zwischen Aktivierungsabnahme einerseits sowie Leistungszunahme andererseits, die bei apallisch geschädigten Patienten in der Regel nicht nachzuweisen war, scheint auf eine sog. „Entkoppelung autonomer bzw. sensomotorischer Systeme“ hinzuweisen, wie dies auch von Luria (1976) im Rahmen der höheren kortikalen Funktionen beschrieben wird. Als Konsequenz dieser Befunde scheint vor allem die Methode des „Biofeedback“ als therapeutische Maßnahme bei schwerer hirngeschädigten Patienten sinnvoll (Aktivierungsveränderungen in beiden Richtungen) und auch vor allem die Übertragung des „Habituationsparadigmas“ (Birbaumer 1977) auf andere Krankheitsbilder, wie z. B. das der Schizophrenie (Birbaumer 1977; Straube 1979). Eine derartige Studie an schizophrenen Patienten befindet sich derzeit an der Rheinischen Landesklinik Bonn in Vorbereitung.

Literatur

- Birbaumer N (1975) Physiologische Psychologie. Springer, Berlin Heidelberg New York
Birbaumer N (1977) Psychophysiolgie der Angst, 2. Aufl. Urban & Schwarzenberg, München
Bousfield WA, Sedgewick SHW (1944) Analysis of sequences of restricted responses. J Gen Psychol 30:149–165
Gerstenbrand G (1967) Das traumatische apallische Syndrom. Springer, Wien New York
Glaser EM (1968) Die physiologischen Grundlagen der Gewöhnung. Thieme, Stuttgart
Groves PM, Thompson RF (1972) Habituation: A dual process theory. Psychol Rev 77:419–450
Hartje W, Orgass B (1972) Die diagnostische Effizienz von drei psychologischen Verfahren zur Auslese hirngeschädigter Patienten. Arch Psychiat Nervenkr 216:172–187
Holloway FA, Parsons OA (1972) Physiological concomitants of reaction time performance in brain-damaged and normal subjects. Psychophysiology 9:188–199
Janke W, Debus G (1978) Die Eigenschaftswortliste EWL. Handanweisung. Hogrefe, Göttingen
Toronto Zürich
Lamberti G (1979) Untersuchungen zum Aktivierungs- und Habituationsverhalten hirntraumatisch geschädigter Kinder und Jugendlicher unterschiedlichen Schweregrads. Dissertation. Universität Marburg
Luria AR (1976) The working brain. Penguin Books Ltd, Harmondsworth
Lutzenberger W, Schandry R, Birbaumer N (1978) An analysis of habituation based on the hypothesis of two interacting exponential processes—Preliminary report. Institute of Psychology, University of Tübingen

- Mackworth JF (1969) Vigilance and habituation. Penguin-Books, Harmondsworth, Middlesex
- Mackworth JF (1970) Vigilance and attention. Penguin-Books, Harmondsworth, Middlesex
- Poeck K (1972) Neurologie, 2. neubearb. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Remschmidt H, Stutte H (1980) Neuropsychiatrische Folgen nach Schädelhirntraumen bei Kindern und Jugendlichen. Hans Huber, Bern Stuttgart Wien
- Schandry R (1978) Habituation psychophysiologischer Größen in Abhängigkeit von der Reizintensität. Minerva, München
- Sokolov EN, Vinogradova OS (1975) The neuronal mechanismus of the orienting reflex. John Wiley and Sons, New York, distributed by Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey
- Straube ER (1979) On the meaning of electrodermal nonresponding in schizophrenia. J Nerv Ment Dis (in Druck)
- Thompson RF, Spencer WA (1966) Habituation: A model phenomenon for the study of neuronal substrates of behaviour. Psychol Rev 73:16-43

Eingegangen am 26. März 1980