

17. Objektive Kontrolle der Selbstentspannungsfähigkeit anhand von Zeitreihenmessungen des Blutdrucks und der Elektrodermalen Aktivität (EDA)

1 Emotioneller Stress und hoher Blutdruck

Heutzutage sind die meisten Menschen und sogar schon die Kinder disstresst, psychisch und körperlich verkrampft, angespannt oder überspannt und auch aggressiv (Kösters 1999, Panse und Stegmann 1997, Schaarschmidt et al. 1999, Huber 1999). Sie können infolgedessen nicht einschlafen, vermindern ihre Leistungen und begehen Fehlleistungen. Viele Menschen haben innere Unruhe, die Psyche und Körper anspannt, ohne dass es ihnen bewusst wird. Diese Anspannungen reflektieren sich in Kopf, Nacken- und Rückenschmerzen, ohne dass ein organischer Schaden vorliegt. Gedankliche Selbstgespräche, Grübeln, negatives Denken disstressen ebenfalls und verhindern unwillkürlich die Entspannung (Traue 1998, Hennigsen 1996). D. h. viele Menschen sind vom emotionellen Disstress befallen. Emotioneller Disstress gilt auch als Promotor des hohen Blutdrucks (der arteriellen Hypertonie) (Alexander 1939, Baumann 1974, von Eiff 1973, Zimmerman und Fröhlich 1990). Ein erhöhter Blutdruck ist in den USA die am häufigsten gestellte Diagnose (3,5 % aller Arztkonsultationen; Schuppert 1992). In der Bundesrepublik Deutschland haben zirka 15 Millionen Menschen erhöhte Blutdruckwerte, wobei 5 Millionen Bundesbürgern dies überhaupt nicht bekannt ist (Koch 1999). Die Antihypertensivawirkung ist unbefriedigend. Nur 40-60 % Wirkungseffektivität wird nachgewiesen (Kolloch 1996, 1998). Das ist deshalb von Bedeutung, weil die arterielle Hypertonie als Risikofaktor für Herzinfarkt (25 %) und apoplektische Insulte (40 %) steht.

In den letzten Jahren wird immer stärker den psychosozialen Faktoren bei der Prävention und Therapie von Herz-Kreislaufkrankungen Bedeutung beigemessen (Ornish 1992).

2 Emotioneller Disstress - ein Gesundheitsrisiko

Chronischer emotioneller Disstress hat aber noch eine Eigenschaft, die wenig berücksichtigt wird, aber entscheidend für die Selbsteinschätzung vom Gestresstsein ist: Durch chronischen emotionalen Disstress geht infolge von Ausschüttung von Hormonen (Botenstoffen, Hecht 1992, Zehentbauer 1996, Rossi 1990)), z. B. Endorphinen, die Kritikfähigkeit, Symptomwahrnehmung, reale Selbsteinschätzung bezüglich Belastbarkeit, Entscheidungsfähigkeit, Beurteilung von Situationen, die die eigene Person und das zwischenmenschliche Leben betreffen, verloren. Untersuchungen zeigen, dass von über 100 Personen - nur 19 % ihr Gestresstsein real einschätzen konnten - 58 % ihr Gestresstsein unterschätzen - 23 % ihr Gestresstsein überschätzen (Hecht 1986).

3 Fehleinschätzungen des eigenen Gesundheitszustands

Weitere Untersuchungen zeigen (Kapelle et al. 1986), dass nur jeder Sechste in der Lage ist, seine Fähigkeit zur Entspannung real einzuschätzen. Bei den anderen fünf besteht größtenteils eine Überschätzung, d. h. der Glaube, zu entspannen, was jedoch real nicht der Fall ist. Diese Fähigkeit lässt sich aber mit Biofeedback-Systemen erlernen (Kapelle et al. 1986).

Über die Gesundheits- und Lebensqualitätsbedrohung durch subjektive Fehleinschätzungen des eigenen Gesundheitszustandes sind in den letzten Jahren zahlreiche warnende wissenschaftliche Arbeiten erschienen. Beispielsweise soll auf die Arbeiten von Haisch et al. (1991), Hecht (1993), Hoc (1997) und Wittchen et al. (1999a, 1999b) verwiesen werden. Die Lebensqualität, die durch emotionalen Disstress und seine Folgeerscheinungen sowie durch Herz-Kreislaufkrankungen erheblich eingeschränkt wird, lässt sich durch Entspannungsübungen zur richtigen Zeit (möglichst alle 2 Stunden im Wachsein) erheblich verbessern (Rossi 1993, Janofske et al. 2000).

4 Zehnminutenentspannungstest mit Zählung der in Impulse umgewandelten Hautwiderstandsdaten

Die Entspannungsfähigkeit lässt sich subjektiv schwierig einschätzen, kann aber gemessen werden (Hecht und Hüller 1985, Kapelle et al. 1986). Ein mit quantitativer Anzeige ausgerüstetes Biofeedbacksystem kann hierbei nützlich sein, wie Arbeiten unserer Forschergruppe es zeigten (Hecht und Hüller 1985, Kapelle

et al. 1986, Diedrich et al. 1989, Böhm et al. 1989, Hecht und Balzer 1999, Geisthardt et al. 2000).

Diese Untersuchungen wurden in einem 10 Minuten dauernden Selbstentspannungstest mit kontinuierlichen Messungen des Hautwiderstands mittels eines Mini-Biofeedbackgeräts (Kapelle et al. 1986, Grund et al. 1988) durchgeführt. Das Gerät war so konstruiert, dass die Daten des gemessenen Hautwiderstandes in Impulse umgewandelt worden sind und dass schnelle Impulsfolgen Erregung, Stress, emotionelle Erregbarkeit und langsame Impulsfolgen Entspannung, Deaktivierung nach dem Biofeedbackprinzip anzeigten. Die Impulse wurden automatisch gezählt und pro Minute angegeben. Da es wegen der starken inter- und intraindividuellen Schwankungen keine „Normwerte“ für den Hautwiderstand gibt, wurde das Gerät geeicht, indem für jeden Probanden eine Einstellung von 60 Impulsen pro Minute als Ausgangswert gewählt wurde. Somit war eine Analogie zur üblichen Pulsmessung gegeben. Außerdem war es möglich, Zeitreihen zu erhalten. Wenn die Daten der Zeitreihe einen linearen Abfall von kurzen zu langen Impulsfolgen zeigten, wurde dies als Entspannung bewertet. Alle anderen Verläufe der Zeitreihen dagegen galten als nicht entspannt.

Die Probanden (Patienten) wurden instruiert, in einem Sessel bequem mit hochgelagerten Füßen Platz zu nehmen (siehe Abb. 10, Kapitel 16), die Augen zu schließen und bei ruhiger gleichmäßiger Atmung im Dreiertakt Einatmen, Ausatmen, kurze Pause, den Atemrhythmus bewusst wahrzunehmen, gedanklich mitzuschwingen und auf diese Weise zu entspannen. Während der gewöhnlich 10 Minuten dauernden Prozedur wurden Messungen vorgenommen und die Impulse pro Minute in ein Diagramm eingetragen.

Nachfolgend möchten wir einige Beispiele anführen.

4.1 Wer kann in Erwartung von Schmerz entspannen?

Von Hecht und Hüller (1985) sowie von Hüller et al. (1988) wurden folgende Untersuchungen durchgeführt.

120 jungen Männern im Alter von 21-25 Jahren wurde in folgender Weise Blut entnommen: Sie erhielten die Aufgabe, liegend mit geschlossenen Augen und mit Konzentration auf die Atmung (gedankliches Mitschwingen mit der Atemfrequenz) zu relaxieren. Ihnen war bekannt, dass nach 10 Minuten Relaxationszeit bei gleichzeitigem Aufpumpen einer Blutdruckmanschette am Oberarm in die Cubitalvene mit einer Kanüle eingestochen und Blut entnommen wird. Während der Untersuchungszeit wurde

der Hautwiderstand mit dem Biofeedbackgerät gemessen. Aus dem Blut wurden Adrenalin, Cortisol, Betaendorphine und SubstanzP bestimmt. Dabei wurden aus 120 Untersuchungen folgende drei unterschiedlichen „Reaktionstypen“ festgestellt.

Typ 1: Gut relaxierender und stresssensibler Typ.

Hautwiderstand: Ausgeprägte Relaxation vor dem Einstich in die Vene und eine kurz dauernde heftige Reaktion als Folge der Venenpunktion sowie Rückkehr in den Bereich der Ausgangssituation.

Bluthormone: Anstieg des Adrenalins (bezogen auf Referenzwerte der Literatur). Diese Reaktion wurde in 23 % der Fälle nachgewiesen.

Typ 2: Ängstlicher Typ. Keine Fähigkeit zur Relaxation.

Hautwiderstand: Keine Relaxation, sondern Ansteigen der emotionalen Erregung, die nach dem Einstich noch an Steilheit zunahm. Nur geringe Tendenz zur Rückkehr in die Ausgangslage.

Bluthormone: Anstieg von Cortisol und Betaendorphin, Abfall der SubstanzP-Konzentration in Plasma. Die Probanden gaben an, grundsätzlich Angst vor der Spritze zu haben. Es waren 62 % der Untersuchten, die auf diese Weise reagierten.

Typ 3: Selbstbeherrschungstyp.

Hautwiderstand: Geringer Abfall, d. h. geringe Relaxation (entspannte Abwehrhaltung). Keine emotionelle Reaktion auf den Einstich in die Vene.

Bluthormone: Keine Veränderung.
Auf diese Art reagierten 15 %.

4.2 Morgens entspannt man besser

Mit der beschriebenen Methodik im 10-Minutenentspannungstest und Messung des in Impulse umgewandelten Hautwiderstandes wurden zahlreiche weitere Untersuchungen durchgeführt, die nachfolgend dargestellt werden sollen.

Beate von Broen et al. (1986) untersuchten die tageszeitliche Abhängigkeit der Entspannungsfähigkeit, indem die Probanden am Morgen (8-10 Uhr) und am Abend (17-19 Uhr) jeweils für die Dauer von 10 Minuten die Selbstentspannung übten. Dabei wurde festgestellt, dass 20 der 35 Untersuchten (57 %) am Morgen besser entspannen konnten, 9 (26 %) entspannten am Abend besser als am Morgen und 6 (17 %) vermochten abends und morgens gleichermaßen zu relaxieren.

4.3 Krankenschwestern sind nur zur Hälfte entspannungsfähig

Karutz und Gora (1988, 1994) untersuchten 200 weibliche Probanden im Alter von 17-19 Jahren (Krankenschwestern) auf deren Fähigkeit psychisch zu relaxieren, bei gleichzeitiger Messung der umgewandelten Daten des Hautwiderstands. Die Entspannungszeit betrug ebenfalls jeweils 10 Minuten. Die Untersuchungen ergaben, dass 53 % der Untersuchten spontan gut entspannen konnten. 40 % besaßen diese Fähigkeit nicht. Bei 7 % war keine eindeutige Beurteilung möglich. Abhängigkeiten von Tageszeitpunkten und von Wochen- und Wochenendtagen werden im Trend erkennbar (morgens besser als abends und am Wochenende besser als an Wochentagen).

4.4 Kurzschläfer entspannen besser als Langschläfer

Von Hensel et al. (1988, 1989) sind 114 männliche und weibliche Probanden auf die Korrelation zwischen Schlafdauer und Fähigkeit zur psychischen Entspannung im 10-Minutentest mit gleichzeitiger Messung der umgewandelten Hautwiderstandsdaten untersucht worden. Die Untersuchungen zur Entspannungsfähigkeit erfolgten an 5 aufeinanderfolgenden Wochentagen. Die Parameter des Schlafs (Dauer, Häufigkeit und Dauer des nächtlichen Erwachens, Einschlafdauer) wurden mittels Schlafprotokoll ermittelt. Es konnte eine Korrelation zwischen Schlafdauer und Relaxationsfähigkeit nachgewiesen werden, die darin besteht, dass Probanden mit kurzer Schlafdauer am Tage besser entspannen können als solche mit längerer Schlafdauer. Dieser Befund wird erstens als Bestätigung für Ergebnisse beurteilt, mit denen nachgewiesen wurde, dass Kurzschläfer am ökonomischsten schlafen (Hartman 1973) und zweitens als ein weiterer Beweis dafür, dass die Schlafdauer nicht das primäre Kriterium für die Beurteilung der Schlafqualität sein kann.

4.5 Psychotrope Pharmaka hemmen die Relaxation

Böhm et al. (1988, 1989) untersuchten die Entspannungsfähigkeit an 54 Schwangeren, bei denen eine Frühgeburt drohte, in der präpartalen Phase. Während 40 Frauen es innerhalb von 5 Tagen lernten gut zu entspannen, wurde bei 14 Frauen, die gleichzeitig Benzodiazepam appliziert bekamen, die Entspannungsfähigkeit gehemmt. Eine Frau, bei der das Benzodiazepam wegen Unverträglichkeit abgesetzt wurde, vermochte danach zu entspannen.

4.6 Messung der Angst des Soldaten

Von Geisthardt (1986) sowie von Geisthardt et al. (2000) wurde mittels Fähigkeit zum Entspannen die Beurteilung der Beanspruchung bei einer komplizierten militärischen Übung vorgenommen und festgestellt, dass den Soldaten, die mit dieser Übung bereits einmal frühere Erfahrungen gesammelt hatten, vor der Übung die Entspannung faktisch nicht möglich war, dagegen konnten sie nach der Übung gut entspannen. Diejenigen, die keine Erfahrungen hatten und die militärische Übung lediglich durch die Instruktion kannten, vermochten vor der Belastung relativ gut zu entspannen. Dagegen waren sie unmittelbar nach dieser Übung gegenüber der anderen Gruppe weitaus weniger in der Lage zu relaxieren.

4.7 Wer Sport treibt kann besser relaxieren

Hensel et al. (1988, 1989) sowie Hensel zeigten, dass zwischen Trainingszustand eines Freizeitsportlers sowie sportlich Untrainierten Korrelationen in der Weise bestanden, dass die sportlich Aktiven über ein besseres Entspannungsvermögen verfügten als die sportlich Inaktiven.

4.8 Wettkampfplatzierungsprognose durch Entspannungsfähigkeit des Sportlers

Mit der gleichen Methodik, wobei Sensoren (Elektroden) am Handgelenk angelegt waren, wurde auch das konzentrierte Entspannungsverhalten von 19 Rennschlittensportlern im Alter von 12-13 Jahren untersucht (Hecht und Balzer 1999) und zwar: - Am Abend vor dem Wettkampf unmittelbar vor der Bettruhe - 20-40 Minuten vor dem Wettkampf.

Die Entspannungsprozedur lief wie folgt ab: Es wurde ein Ausgangswert (Impulse des umgewandelten Hautwiderstandes) bestimmt. Danach begannen die Sportler mit der konzentrierten Entspannung. Zuvor erhielten sie die Instruktion, wie sie entspannen sollten: Volle Konzentration auf den Rhythmus der Atemzüge und deren bewusste Wahrnehmung. Während der 10-minütigen Entspannungsprozedur wurde die Elektrodermale Aktivität (EDA) in 1-Minutenintervallen gemessen. Die erhaltenen Zeitreihen wurden einer Regressionsanalyse unterzogen. Dabei wurde der Regressionskoeffizient einer potentiellen Funktion (Exponent) für die Zeitreihe jedes einzelnen Sportlers errechnet. Die erhaltenen Ergebnisse zeigten, dass der Exponent den Kurvenverlauf, d. h. die Entspannungsfähigkeit im wesentlichen bestimmen kann. Die Exponenten der Entspannungsfähigkeit

der einzelnen Sportler sind in Tabelle 1, nach Startnummern geordnet, dargestellt.

Für die Messung der Relaxation vor dem Schlafengehen am Abend vor dem Wettkampftag waren Wettkampfplatzierung und Reihenfolge der Exponenten als Kriterium für die Entspannungsfähigkeit in 14 von 19 Fällen identisch. Das entspricht einer Trefferquote von 73,7 %.

Die Messung der Relaxation 20-40 Minuten vor dem Wettkampf ergab eine Übereinstimmung von Wettkampfplatzierung und Reihenfolge der Entspannungsexponenten in 16 von 19 Fällen (Tabelle 1). Dies entspricht einer Trefferquote von 84,2 %. Der Spearman'sche Rang-Korrelationskoeffizient betrug 0,9702. Die 12 Erstplatzierten des Wettkampfes erreichten sowohl am Abend vor dem Start als auch 20-40 Minuten davor eine Übereinstimmung beider Exponentenwerte mit der Wettkampfplatzierung.

Startnummer	Regressionskoeffizient	Gemessene und errechnete Platzierung der Relaxation	Tatsächliche Platzierung im Wettkampf
1	-0,2623	6.	6.
2	-0,6852	4.	4.
3	0,1348	14.	19.
4	-0,1272	8.	8.
5	0,1815	16.	15.
6	-0,2312	7.	7.
7	-0,3892	5.	5.
8	-1,0587	2.	2.
9	0,1455	15.	13.
10	0,0261	11.	11.
11	0,2086	17.	16.
12	-1,0587	1.	1.
13	0,0958	13.	14.
14	-0,7534	3.	3.
15	0,0477	12.	12.
16	0,2389	18.	17.
17	0,2833	19.	18.
18	-0,0403	10.	10.
19	-0,0774	9.	9.

Tabelle 1: Regressionskoeffizienten der Zeitreihen der in Impulse umgewandelten Daten des Hautwiderstands der Messung 20-40 Minuten vor dem Wettkampf (Hecht und Balzer 1999)

Dieses Ergebnis zeigt, dass es möglich ist, anhand der gemessenen Entspannungsfähigkeit, die in Exponenten ausgedrückt werden kann, Wettkampfleistungen im Voraus zu prognostizieren.

5 Systolischer Blutdruck als Maß der Entspannung

5.1 Blutdruckentspannungstest (BET)

Die Blutdruckmessung ist für die Diagnose des arteriellen Hypertonus ein ungelöstes Problem (Vogt et al. 1989, Hecht et al. 1991). Der Weißkitteleffekt verfälscht die realen Werte. Es gilt als erwiesen, dass in der ärztlichen Praxis oder der Klinik höhere Blutdruckwerte gemessen werden, als unter Hausbedingungen (Parati et al. 1998, Nielsen et al. 1997, Porchert et al. 1986, Scherrer et al. 1990, Manicia et al. 1987, Riun et al. 1985). In der alltäglichen ärztlichen praktischen Tätigkeit wird dieser Erscheinung wenig Aufmerksamkeit gewidmet.

Unbestreitbar erweist sich der Blutdruck und ganz besonders der systolische Blutdruck als ein „Seismograph der Seele“. Wie wir noch zeigen werden, lassen gedanklich stimulierte emotionelle Reaktionen rapide das Blutdruckniveau verändern. Die Herzfrequenz erwies sich diesbezüglich dagegen als viel stabiler. Wir führten daher das Blutdruckmessen während der Entspan-

nung ein und nannten dieses Messen Blutdruckentspannungstest.

Beim Blutdruckentspannungstest (BET) wird der Patient gebeten, in einem bequemen Ohrensessel mit Fußhocker (siehe Abb. 10, Kapitel 16) Platz zu nehmen, seine Muskulatur zu lockern und mit geschlossenen Augen bei gleichzeitiger bewusster Wahrnehmung der Atemzüge 10 Minuten lang zu relaxieren. Dabei sollen sich die Gedanken so auf die Atemfrequenz konzentrieren, dass ein Gefühl des Mitschwingens, wie auf einer Schaukel entsteht. Während dieser Zeit werden der Blutdruck und die Herzfrequenz im Minutenintervall gemessen. Aus diesen 10 Werten ergibt sich eine Zeitreihe, wie in nachfolgenden Beispielen angeführt:

	Normotoniker		Hypotoniker	
1.	125/80	73	105/66	72
2.	122/79	74	105/67	72
3.	120/78	74	103/66	73
4.	119/76	74	102/65	75
5.	116/77	74	100/65	74
6.	113/76	72	98/64	76
7.	111/76	72	96/64	78
8.	111/73	72	95/64	79
9.	110/73	72	92/64	81
10.	110/74	73	91/63	83

Tabelle 2: Zeitreihen von Blutdruck- und Herzfrequenzwerten eines Hypotonikers und Normotonikers

Beim Normotoniker senkt sich der diastolische Blutdruck gewöhnlich geringer als der systolische. Die Herzfrequenz verändert sich größtenteils geringfügig. Beim Hypotoniker sinkt ebenfalls der systolische Blutdruck ausgeprägter als der diastolische. Häufig wird aber ein gegenregulatorischer Anstieg des Verlaufs der Herzfrequenz, entgegengesetzt zum systolischen Blutdruckverlauf, beobachtet. Da Biofeedbacktechniken größtenteils die Herzfrequenz als Kriterium für das Ausmaß der Relaxation verwenden, ist es unbedingt notwendig zu wissen, ob sich dieser Prozedur ein Hypertoniker, Normotoniker oder Hypotoniker unterzieht.

Gemessen wird der Blutdruck beim Rechtshänder links und beim Linkshänder rechts. Während des BET wird in einminütigen Intervallen der Blutdruck mit einem automatischen Gerät gemessen. Anhand des Kurvenverlaufs lässt sich ablesen, ob der Betreffende sich entspannen oder nicht entspannen kann oder ob er sich während dieser Zeit im Stress befindet (Abbildungen 1-4).

Abb. 1: Probandenprofil als
Beispiel für „sehr gute
Entspannung“

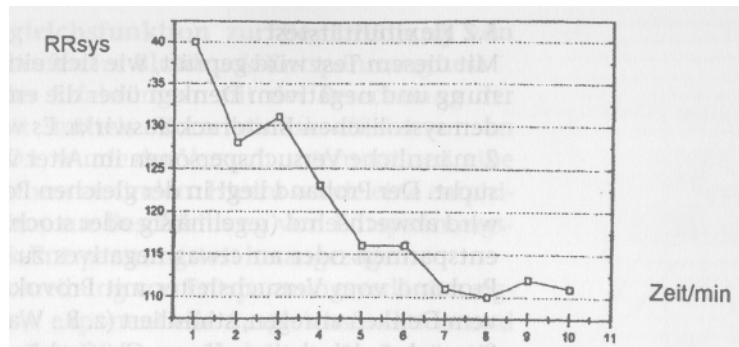


Abb. 2: Probandenprofil als
Beispiel für „gute Entspannung“

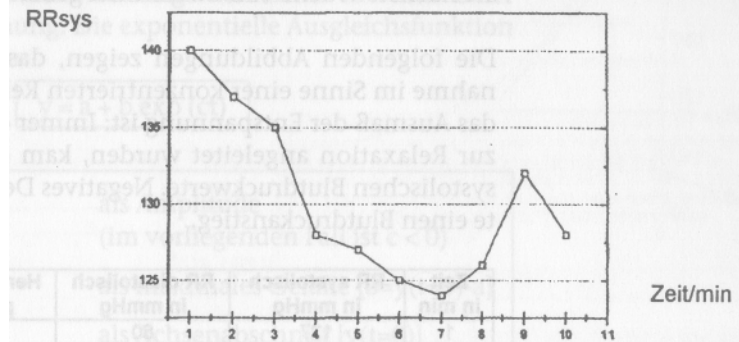


Abb. 3: Probandenprofil als
Beispiel für „keine wesentliche
Entspannung“

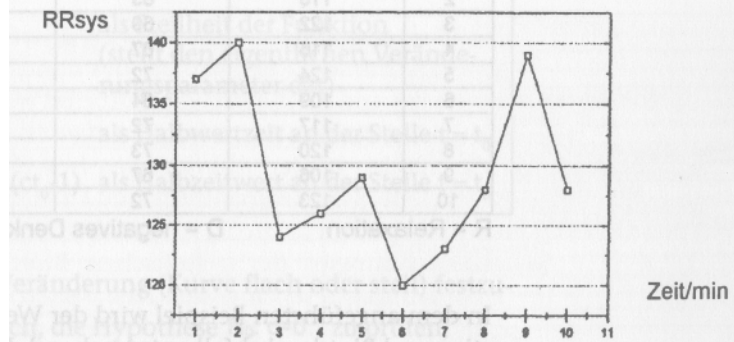
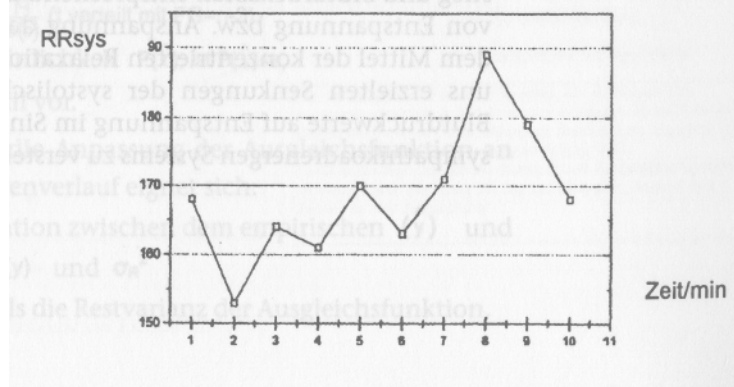


Abb. 4: Probandenprofil als
Beispiel für
„Anspannung/Stress“



5.2 Flexibilitätstest

Mit diesem Test wird geprüft, wie sich ein Wechsel von Entspannung und negativem Denken über die emotionelle Reaktion auf den systolischen Blutdruck auswirkt. Es wurden 3 weibliche und 2 männliche Versuchspersonen im Alter von 32-64 Jahren untersucht. Der Proband liegt in der gleichen Position wie beim BET. Er wird abwechselnd (regelmäßig oder stochastisch) aufgefordert zu entspannen oder an etwas negatives zu denken, bzw. wird der Proband vom Versuchsleiter mit Provokationen, die zu negativem Denken anregen, stimuliert (z. B.: Was würden Sie tun, wenn Sie nächste Woche von Ihrem Chef gekündigt würden?).

Die folgenden Abbildungen zeigen, dass die verbale Einflussnahme im Sinne einer konzentrierten Relaxation bedeutsam für das Ausmaß der Entspannung ist: Immer dann, wenn Probanden zur Relaxation angeleitet wurden, kam es zu einem Abfall der systolischen Blutdruckwerte. Negatives Denken hingegen bewirkte einen Blutdruckanstieg.

Zeit in min	RR systolisch in mmHg	RR diastolisch in mmHg	Herzfrequenz pro min	Stimulierte Situation
1	127	80	64	D
2	118	63	64	R
3	122	69	66	D
4	116	67	68	R
5	124	72	66	D
6	109	64	64	R
7	117	72	68	D
8	120	73	67	D
9	106	67	66	R
10	123	72	66	D

R = Relaxation

D = negatives Denken

In dem angeführten Beispiel wird der Wechsel von Blutdruckanstieg und Blutdruckabfall entsprechend der verbalen Stimulation von Entspannung bzw. Anspannung deutlich. Da der BET mit dem Mittel der konzentrierten Relaxation arbeitet, sind die von uns erzielten Senkungen der systolischen und diastolischen Blutdruckwerte auf Entspannung im Sinne einer Hemmung des sympathikoadrenergen Systems zu verstehen.

5.3 Empirische Ausgleichsfunktion zur Beschreibung von Entspannungsverläufen im Blutdruck-Entspannungstest

Unter Verwendung der Erfahrungen mit der Berechnung der Entspannungsfähigkeit mittels Korrelationskoeffizienten an Hand der Daten der EDA, wurde der Versuch unternommen, eine präzisere Berechnungsform zu finden. Hierzu wurde eine empirische Ausgleichsfunktion zur Beschreibung von Entspannungsverläufen im Blutdruck-Entspannungstest herangezogen.

Für die formale Beschreibung von Entspannungsverläufen eignet sich am besten eine exponentielle Ausgleichsfunktion und das daraus ableitbare Zeit-Wirkungs-Verhältnis in Form einer Halbwertszeitbestimmung. Die exponentielle Ausgleichsfunktion hat allgemein die Form:

$$y = a + b \exp(ct)$$

mit den Parametern:

a	als Amplitude (im vorliegenden Fall ist $c < 0$)
b	als maximales Gefälle $[b=y(t=0)-a]$
a+b	als Achsenabschnitt $[y(t=0)]$
c	als Steilheit der Funktion (stellt den eigentlichen Veränderungsparameter dar)
$T(y=a) = t_0 - 1/c$	als Halbwertszeit an der Stelle $t = t_0$
$H(t=t_0 - 1/c) = a + b \exp(ct_0 - 1)$	als Halbzeitwert an der Stelle $t = t_0$

Um das Ausmaß der Veränderung (Kurve flach oder steil) festzustellen, empfiehlt es

sich, die Hypothese $H_0: c=0$ zu prüfen, mit der Testgröße $t = \frac{\hat{c}}{\sigma(c)}$ (t verteilt mit $FG=n-3$)

und der Restwahrscheinlichkeit $P(\hat{t})$; ist $P(\hat{t}) < \alpha$,

so liegt ein steiler Abfall vor.

Als ein Gütemaß für die Anpassung der Ausgleichsfunktion an den empirischen Kurvenverlauf eignet sich:

$R(y, \hat{y})$ als die Korrelation zwischen dem empirischen (y) und dem Ausgleichswert (\hat{y})

und s_R^2

$s_R^2(y) = \sigma^2(y)[1 - R^2(y, \hat{y})]$ als die Restvarianz der Ausgleichsfunktion.

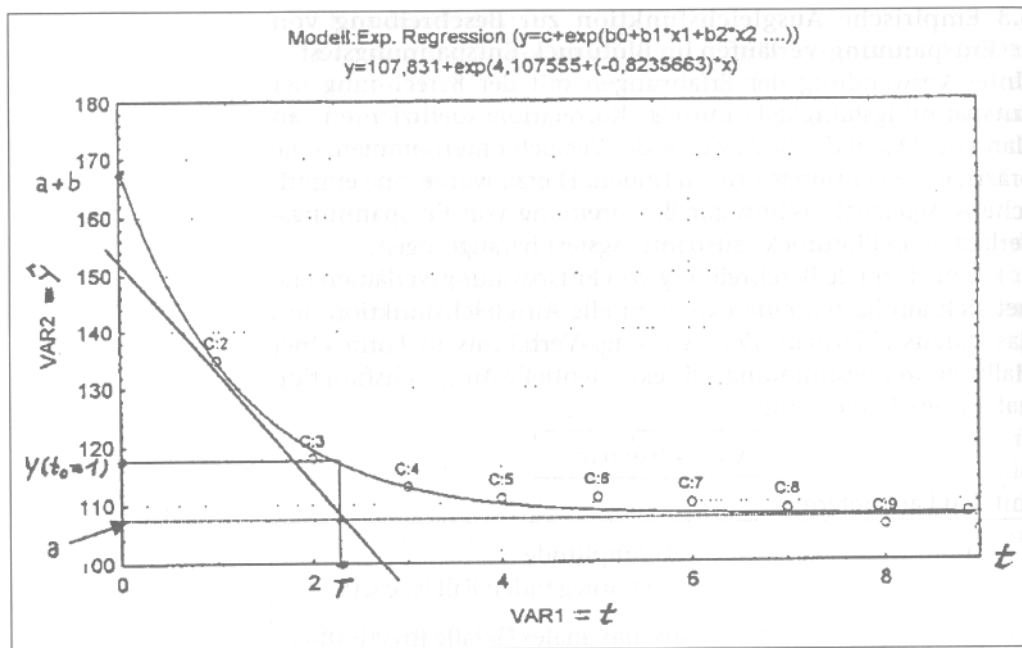


Abbildung 5: Graphische Darstellung der Exponentialfunktion

Nachfolgend werden Beispiele von Zeitreihendaten des systolischen Blutdrucks, die während des Blutdruckentspannungstests gemessen und mathematisch bearbeitet worden sind, in verschiedenen Parametern ausgedrückt, aufgeführt (Abbildung 6 und 7). Wie aus den beiden Abbildungen hervorgeht, zeigen sich zwischen sehr guter Entspannung und Unfähigkeit zur Entspannung eindeutige Unterschiede. In Tabelle 3 sind die Beispiele der Zeitreihenparameter des systolischen Blutdrucks des Blutdruckentspannungstests dargestellt. Sie weisen eine ausgeprägte Variabilität der einzelnen Versuchspersonen aus und ermöglichen eine sehr differenzierte Beurteilung der Entspannungsfähigkeit.

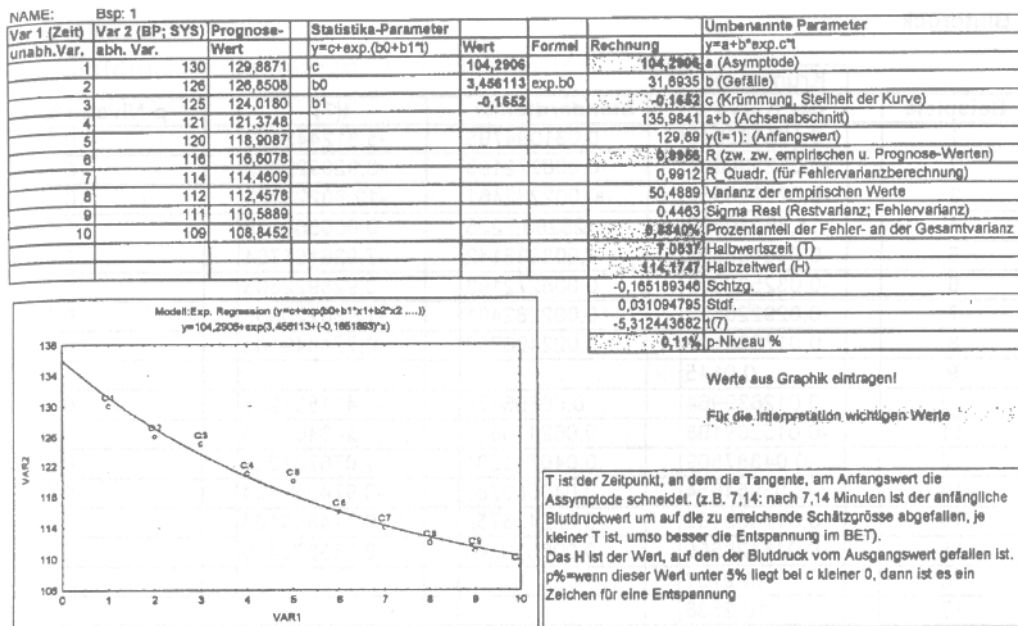


Abbildung 6: Beispiel für eine sehr gute Entspannungsfähigkeit

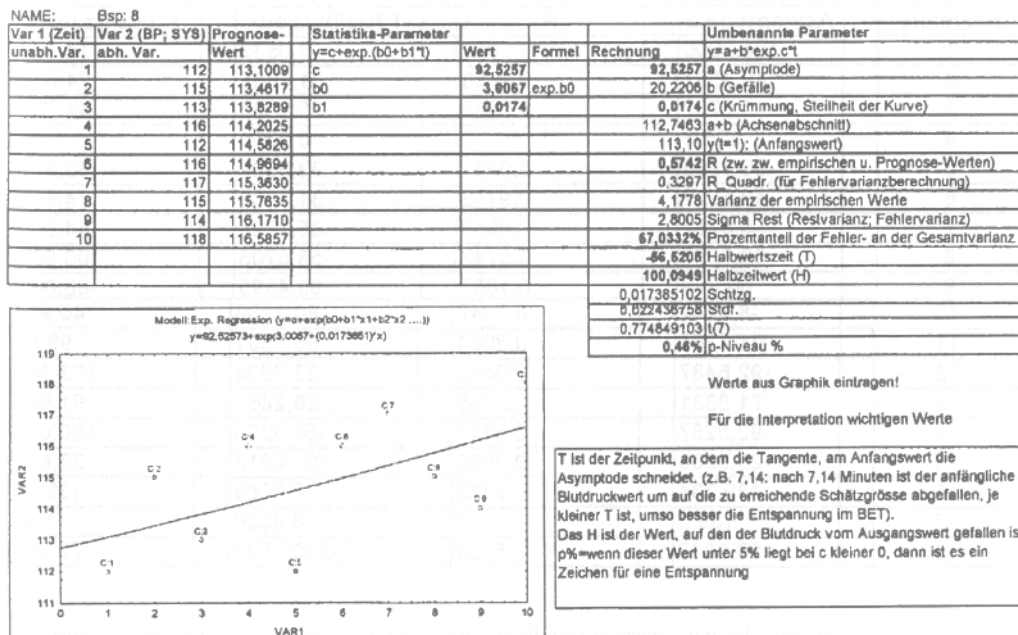


Abbildung 7: Beispiel für Unfähigkeit zur Entspannung

Blutdruck

Beispiele	Krümmung der Kurve c	Standardfehler	t(7)	p-Niveau
1	-0,165189346	0,031094795	-5,312443682	0,11%
2	-0,032500808	0,008272193	-3,928922803	0,57%
3	-0,029220532	0,002282461	-12,80220353	0,00%
4	14,36040493	25280,7225	0,000568038	1,00%
5	-0,030405853	0,003836142	-7,926154764	0,00%
6	-0,032500808	0,008272193	-3,928922803	0,57%
7	-0,029220532	0,002282461	-12,80220353	0,00%
8	0,017385102	0,022436758	0,774849103	0,46%
9	0,0145			
10	-0,012639964	0,00895479	-1,411531035	0,20%
11	-0,015209108	0,062470307	-0,243461398	0,81%
12	-0,04387809	0,040751201	-1,076731223	0,32%
13	-0,03954654	0,040589787	-0,974297794	0,36%
14	0,017385102	0,022436758	0,774849103	0,46%
15	0,016128669	0,006316844	2,553279425	0,04%
16	10,9757			
17	10,2636			
18	0,004322267,	0,004651414	0,929237311	0,38%

Beispiele	Asymptote a	R	T (Halbw.zeit)	H (Halbz.wert)
1	104,2906	0,9956	7,0537	114,1747
2	49,5527	0,9753	31,7685	74,6488
3	-5,6762	0,9985	35,2225	44,0084
4	125,8	0	0,9304	125,8
5	56,1536	0,9951	33,8884	80,3857
6	49,5527	0,9753	31,7685	74,6488
7	-5,6762	0,9985	35,2225	44,0084
8	92,5257	0,5742	-56,5205	100,0949
9	86,229	0,1887.	96,4395_	-68,0613
10	-8,4947	0,7047	80,1139	40,9266
11	91,1284	0,2084	66,7501	99,935
12	92,6487	0,6412	23,7904	103,1626
13	71,8331	0,766	26,2867	91,9257
14	92,5257	0,5742	-56,5205	100,0949
15	-25,5633	0,8924	-61,0013	23,6724
16	139,334	0,5822	0,9089	139,334
17	139,2	0	0,9026	139,2
18	50,1312	0,6336	-230,3583	77,3948

Tabelle 3: Beispiele der Zeitreihenparameter des systolischen Blutdruckentspannungstests von verschiedenen Untersuchungspersonen

6 Diskussion

Der Blutdruckentspannungstest und der Entspannungstest mit Messung des Hautwiderstands wurde in mehr als 4.000 Untersuchungen angewendet und größtenteils von den Patienten und Probanden als angenehm, entspannend und beruhigend eingeschätzt. Die Untersuchten äußerten die Auffassung, dass diese Tests ihren Vorstellungen von einem „stressarmen“ Arztbesuch bzw. einer „stressfreien“ medizinischen Diagnostik entsprechen.

1. Es werden zuverlässige Blutdruckwerte für die kardiologische Diagnostik gewonnen. Fehldiagnosen bei Blutdruckmessungen (besonders bei ihrer Einmaligkeit) werden erheblich reduziert. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass bei leicht erregbaren Patienten mit niedrigem Blutdruck hohe Blutdruckwerte gemessen werden können und infolgedessen „Hypotoniker“ mit „Antihypertensiva“ therapiert worden sind (Hecht et al. 1991).
2. Mit der Messung während der 10-minütigen Relaxation wird der Weißkitteleffekt und der „Arztstress“ weitestgehend ausgeschaltet, eine Erscheinung, der leider im medizinischen Alltag wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird.
3. Der Patient (Klient, Proband) bekommt Anleitung zum einfachen alltäglichen Entspannen. Wegen der Einfachheit der Entspannungsmethode üben viele der Untersuchten diese Methode auch unter häuslichen Bedingungen.
4. Mit dieser Messmethodik wird die Symptomwahrnehmung der Untersuchten geschult und der Untersuchte lernt zu verstehen, dass der Blutdruck in der Zeit variabel ist und durch psychosoziale Einwirkungen beeinflusst werden kann, wobei er anhand der gemessenen Zeitreihendaten, den Entspannungsvorgang noch einmal nachvollziehen und für die nächste Entspannung Korrekturen vornehmen kann.
5. Der Blutdruckentspannungstest stellt eine einfache Methode dar, mit der die Entspannung objektiv gemessen und kontrolliert werden kann. Als Nachteile sind anzuführen:
 - a) Der Manschettendruck auf den Oberarm kann störend auf die Relaxation wirken. Dies ist besonders bei hautsensiblen Menschen der Fall.
 - b) Das Geräusch des Gerätes während des Aufpumpens der Manschette wird manchmal störend und von der Relaxation ablenkend empfunden. Unangenehm ist vor allem

- der „Piepser“, welcher die Korotkowschen Geräusche signalisieren soll. Wir haben grundsätzlich diesen „Piepser“ in all unseren Blutdruckmessgeräten ausgeschaltet und somit die Ablenkung durch akustische Stimuli reduziert.
- c) Für das medizinische Personal ist diese Methode zeitaufwendig, weil man gewöhnlich neben der Messzeit noch 10 Minuten Auswertungszeit benötigt. Dies wird von Patienten aber als besonders angenehm empfunden. Erwähnenswert ist noch, dass Handgelenkblutdruckmessgeräte für den Blutdruckentspannungstest ungeeignet sind, weil mit ihnen keine echte Entspannung herbeigeführt werden kann.
 - d) Bei pathologischen Arrhythmien können die Blutdruckwerte verfälscht werden. Da diese auf dem automatischen Blutdruckgerät sichtbar gemacht werden, kann dies bei der Messung berücksichtigt werden.

Die Blutdruckmessung mittels des Blutdruckentspannungstests entspricht weitestgehend den WHO-ISH-Richtlinien von 1998 und 1999. Diese Richtlinien fordern, dass der Patient einige Minuten in sitzender Position in einem ruhigen Raum verbringen soll, bevor die Blutdruckmessung beginnt. Zachariah et al. (1990) zeigten, dass auf diese Weise zuverlässigere Werte als bei anderen Verfahrensweisen erhalten werden. Das Argument, dass 1-Minuten Intervalle venöse Stauungen oder Turbulenzen in den Blutgefäßen erzeugen, konnten wir nicht beobachten. Dies stellen auch Campbell et al. (1994) und die American Society of Hypertension (1992) fest. Perloff et al. (1993) haben sogar mit 30-Sekunden Intervallen gemessen, gute Ergebnisse erzielt und keine negativen Auffälligkeiten gefunden.

Bisher nicht geprüft wurde von uns, ob sich mit dem Blutdruckentspannungstest ein 24-Stunden Profil erstellen lässt. Da bereits die 24-Stunden Monitoring-Messgeräte von manchen Patienten besonders nachts als störend empfunden werden (Meyer-Sabellek et al. 1990), haben wir diese Möglichkeit ausgeschlossen. Wir selbst halten den Blutdruckentspannungstest und die Blutdruckmonitoringuntersuchungen als die derzeit zuverlässigste Messmethode. Das Blutdruckmonitoring ist besonders dann sehr wertvoll für die Diagnostik, wenn 7 x 24 Stunden, d. h. eine Woche lang, gemessen wird, wie dies Halberg und Watanabe (1992) und Halberg und Freytag (1989) seit Jahren unter Beweis stellen. Die Messung der Entspannungsfähigkeit mittels in Impulse umgewandelten Hautwiderstandsdaten ist gleichfalls, wie der

Blutdruckentspannungstest, von Nutzen. Da wir zur Zeit noch keinen Online-Betrieb haben, muss die Analyse erst über den Computer gehen. Eine Automatisierung beider Verfahren befindet sich in Arbeit. Mit diesem Messsystem werden unter Einbeziehung der beschriebenen mathematischen Analyse unmittelbar nach der Messung die Entspannungskurven ausgedruckt und differenziert die Entspannungsfähigkeit beurteilt.

Literaturverzeichnis

- Alexander, F. (1939): Emotional factors in essential hypertension. *Psychosomat. Med.* 1, S. 175-179
- American Society of Hypertension (1992): Recommendations for routine blood pressure measurement by indirect cuff sphygmomanometry. *Amer. J. Hypertens.* 5, S. 207-209
- Baumann, R. (1974): Theoretische und klinische Aspekte der zerebro-viszeralen Regulationskrankheit arterielle essentielle Hypertonie. *Deutsches Gesundheits-Wesen* 29, Berlin, S. 637-676 und 721-733
- Böhm, K.; A. Diedrich, K. Hecht (1988): Untersuchungen der Fähigkeit zur psychischen Entspannung in der präpartalen Phase von Schwangeren mittels Miniaturbiofeedbackgerät. *Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin* 38, Heft 4, S. 461-463
- Böhm, K.; A. Diedrich; H.-U. Balzer (1989): Zur hemmenden Wirkung von Benzodiazepam (Faustan) auf psychische Entspannung von Graviden in der präpartalen Phase. *Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin* 38, Heft 4, S. 461-462
- von Broen, B.; K. Hecht; K. Haupt; B. Hensel (1986): Abhängigkeiten der psychischen Entspannung von Tageszeiten. III DDR-UDSSR-Symposium „Chronobiologie und Chronomedizin“, Halle/Saale, Kurzsreferate S. 124-125
- Campbell, N. R. C.; D. W. McKay et al. (1994): Errors in assessment of blood pressure: blood pressure measuring technique. *Can. J. Publ. Health* 85 suppl 2, S. 18-21
- Diedrich, A.; K. Hecht; H.-U. Balzer; R. Siems (1989): Psychotest - ein computergestützter medizinisch-psychologischer Messplatz. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, R. Med.* 38/4, S. 463-465
- von Eiff, A. W. (1973): Vegetatives Nervensystem und Regulationsstörungen des Kreislaufs. In: D. Gross: *Hypo- und Hypertonie*. Hippokrates Verlag, Stuttgart, S. 127-132
- Geisthardt, H. (1986): Analyse von Zielen, Inhalten und Methoden zur psychologischen Vorbereitung der Offiziersschüler auf das Gefecht im Programm der Erziehung und Ausbildung von Offizieren der Rückwärtigen Dienste. Diplomarbeit, Medizinische Fakultät (Medizinpädagogik) der Humboldt-Universität, Berlin
- Geisthardt, J.; K. Hecht; H.-U. Balzer (2000): Messungen der emotionell-vegetativen Beanspruchung bei einer militärischen Übung unter Extrembedingungen in Abhängigkeit von früheren Erfahrungen. In: K. Hecht; H.-U. Balzer (Hrsg.): *Stressmanagement, Katastrophenmedizin, Regulationsmedizin, Prävention*. Pabst Science Publisher, Lengerich u. a., S. 165-168
- Grund, W.; H.-U. Balzer, K. Hecht (1988): Miniaturbiofeedbackgerät zur multivariablen Anwendung. *Psychotrainer, Stressometer. Abstract: 10. Intermosgsymposium „Experimentelle und klinische Neurosen“*, Berlin, S. 96

- Haisch, J; H.-P. Zeitler; K. Besel (1991): Symptomwahrnehmung, Krankheitsbewusstsein, Arztkonsultation. Münchener Medizinische Wochenschrift 133, S.224-227
- Halberg, F.; I. Freytag (1989): Zur chronobiologischen Erfassung von Blutdruck und Herzfrequenz in der klinischen Praxis. Ein Beitrag zur Chronodiagnostik. Wiss. Zeitschrift der Humboldt- Universität, Berlin, Reihe Medizin 38/4, S. 522-526
- Halberg, F.; H. Watanabe (1992): Chronobiology and chronomedicine: Medical Review, Tokyo, S. 69-130
- Hartman, E. (1973): The Function of Sleep. Yale University Press, New Haven
- Hecht, K.; H. Hüller (1985): Untersuchungen zu Beziehungen zwischen psychophysiologischen und biochemischen Parametern unter der Erwartungsreaktion einer Venenpunktion. 6. Gemeinschaftstagung der Gesellschaft für Experimentelle Medizin der DDR in Berlin. Abstracts, S. 528
- Hecht, K. (1986): Vergleiche einer objektiven Stressmessung mit subjektiver Aussage über das Gestresstsein während einer schriftlichen Prüfung. Jahresbericht zur Mediko-biologischen Kosmosforschung der Charite (Bereich Medizin) der Humboldt-Universität Berlin an die ständige internationale Arbeitsgruppe Kosmischer Medizin und Biologie „Interkosmos“, Moskau (russisch)
- Hecht, K.; H.-U. Balzer; B. Hensel; W. Bruegmann; R. Siems (1988): Relation between physical training and psychical relaxation by biofeedback. Symposium „Modern Problems of Prophylaxis, Therapeutics and Rehabilitation by Nonpharmacological Means“. Tblisi Abstr., S. 24-26
- Hecht, K.; W.-E. Vogt; E. Wachtel; I. Fietze (1991): Beziehungen zwischen Insomnien und arterieller Hypotonie. Pneumologie 45, S. 196-199
- Hecht, K. (1992): Besser schlafen, schöner träumen. Südwestverlag, München, S. 127-132
- Hecht, K. (1993): Schlaf und die Gesundheits-Krankheits-Beziehung unter dem Aspekt des Regulationsbegriffes von Virchow. In: K. Hecht (Hrsg.); A. Engfer; J. H. Peter; M. Poppei: Schlaf, Gesundheit, Leistungsfähigkeit. Springer Verlag, Berlin u. a., S. 3-12
- Hecht, K.; H.-U. Balzer (1999): Konzentriertes Entspannungsverhalten als Kriterium für den Wettkampferfolg. 31. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (ASP), Jubiläumskongress „Leistung und Gesundheit, Themen der Zukunft“, Kiel, Abstraktband, S. 1-3
- Henningsen, P. (1996): Psychische Störungen bei Patienten im Allgemeinkrankenhaus. Deutsches Ärzteblatt 95/7, S. C-286
- Hensel, B.; K. Hecht, H.-U. Balzer (1988): Beziehungen zwischen Schlafdauer und Fähigkeit psychisch zu entspannen. Abstracts: 10. Interkosmosymposium „Experimentelle und klinische Neurosen“, Berlin, S. 60
- Hensel, B. (1989): Beziehungen zwischen physischer Kondition, Stressbeherrschung und psychischer Kondition und Wirkung psychotroper Pharmaka. Dissertation, Medizinische Fakultät der Humboldt-Universität Berlin
- Hoc, S. (1997): Fehleinschätzungen in der Bevölkerung verbreitet. Deutsches Ärzteblatt 94/10, S. 8-464
- Huber, A. (1999): Mental health: Europa ist krank - psychisch. Psychologie Heute 10,S.52-53
- Hüller, H.; K. Hecht, M. A. Novikow, B. Bystritzkaja; E. Wachtel; B. Hensel; W.-E. Vogt, R. Rathsack; R. G. Alken (1988): Metodisheskije problemy pro obredeljenii biochimitscheskogo statusa w psichofisiologitsheskich iseledovanija. Tesisy dokladow str. 106 XXI. Soveshanija rabotshej gruppy S02. Stran. po Kosmitsheskoi biologii i medizini „Interkosmos“ Baranowsandomerski
- Janofske, F.; K. Hecht; H.-U. Balzer (2000): Objektiver Nachweis des Effektes chronobiologischen Energietrainings (C.O.P.E.) mittels chrono-psychobiologischer Regulationsdiagnostik (RD). In: K. Hecht, H.-U. Balzer: Stressmanagement, Katastrophenmedizin, Regulationsmedizin, Prävention. Pabst Verlag, Lengerich

- Kapelle, A.; K. Böhm; E. Gusewski; K. Reininghuas; Ch. Wagner; A. Wittig (1986): Biofeedback: Psychische Entspannung. Diplomarbeit, Medizinische Fakultät der Humboldt-Universität Berlin
- Karutz, M.; J. Gora (1988): Entspannungsfähigkeit psychisch untrainierter Personen unter Nutzung des Biofeedbackmedikatik. Abstracts, S. 10. Intermsgsymposium „Experimentelle und klinische Neurosen“, Berlin
- Karutz, M.; J. Gora (1994): Untersuchungen zur objektiven Kontrolle der Fähigkeit zur psychischen Relaxation unkonditionierter Jungendlicher im Abhängigkeit von Tageszeitpunkten und zirkadianem Reaktionstypus. Dissertation, Medizinische Fakultät der Humboldt-Universität Berlin
- Koch, L. (1999): Zuverlässig soll der Druck gesenkt werden. Dt. Ärzteblatt 96/4, S. C139-C140
- Kolloch, R. (1996): Risiken für Hochdruck vermindern. Med. Report 20/2, S. 2 Kolloch, R. (1998): Blutdruck unter 140/90 mmHg konsequent anstreben. Med. Report 22/36, S. 2
- Kösters, W. (1999): Politik für die nächste Generation, Kinder-, Jugend- und Familienpolitik in Deutschland. Olzog Verlag, München
- Manicia, G.; G. Parati et al. (1987): Alerting reaction and rise in blood pressure during measurement by physician and nurse. Hypertension 9/2, S. 209-215
- Meyer-Sabellek, W.; L.-K. Schulte et al. (1990): Methodische Entwicklung und Probleme automatischer, indirekt messender Monitore zur ambulanten 24-Stunden Blutdruckmessung (APPM). In: W. Meyer-Sabellek, R. Gotzen (Hrsg.): Indirekte 24-Stunden Blutdruckmessung. Medikon Verlag München – Steinkopff Verlag Darmstadt, S. 71-87
- Nielsen, F. S.; P. Gaede et al. (1997): White coat hypertension in NIDDM patients with and without incipient and overt diabetic rephropathy. Diabetes Car 20/5, S.856-863
- Ornish, D. (1992): Revolution in der Herztherapie. Krenz: Die neue Gesundheit. Stuttgart
- Panse, W.; W. Stegmann (1997): Kostenfaktor Angst. Verlag Moderne Industrie, Landsberg/Lech
- Parati, G.; L. Ulian et al. (1998): Difference between clinic and daytime blood pressure is not a measure of the white coat effect. Hypertension 31, S. 1185-1189
- Perloff, D.; C. Grim et al. (1993): Human blood pressure determination by sphygmomanometry. Circulation 88/5, S. 2460-2470
- Riun, F.; B. Waeber et al. (1985): Blood pressure response to antihypertensive therapy, ambulatory versus office blood pressure readings. J. Hypertension 3, S. 139-143 u. 521
- Rossi, E. L. (1990): Mind-molecular communication: Can we really talk to our genes? Hypnos 17 (I), S. 3-14
- Rossi, E. L. (1993): 20 Minuten Pause. Jungfermann, Paderborn
- Schaarschmidt, U.; U. Kieschke, A. Fischer (1999): Beanspruchung im Lehrberuf. Studienmaterial Universität Potsdam
- Schappert, S. M. (1992): National ambulatory medical care survey. Advice data from vital and health statistics. Hyattsville, Maryland
- Traue, H. C. (1998): Emotion und Gesundheit. Psychobiologische Regulation der Hemmungen. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin
- Vogt, W.-E., K. Hecht; E. Wachtel (1989): Arterielle Hypotonie - ein schlafstörender Faktor? Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, Reihe Medizin 38/4, S. 494-497
- WHO-ISH (1998): World Health Organization- International Society of Hypertension. Guidelines for management of mild hypertension. Memorandum from a WHO-ISH-meeting. J. Hypertension 7, S. 698-693
- WHO-ISH (1999): World Health Organization- International Society of Hypertension. Guidelines for management of hypertension. J. Hypertens. 17, S. 151-183

- Wittchen, H.-W.; P. Schuster; H. Pfister; N. Müller; S. Storz; B. Isensee (1999a): Depressionen in der Allgemeinbevölkerung - Schlecht erkannt und selten behandelt. *Nervenheilkunde* 18/4, S. 202-209
- Wittchen, H.-W.; P. Schuster; H. Pfister, F. Ganaer; N. Müller (1999b): Warum werden Depressionen häufig nicht erkannt und selten behandelt? Patientenverhalten und Erklärungswert von „Sisi-Merkmalen“. *Nervenheilkunde* 18, Heft 4/99, S. 210-217
- Zachariah, P. K.; S. G. Sheps et al. (1990): Office blood pressures in supine, sitting, and Standing positions : correlation with ambulatory blood pressure. *Int. J. Cardiol.* 28, S. 353-360
- Zehentbauer, j. (1996): *Körpereigene Drogen. Die ungenutzten Fähigkeiten des Gehirns.* 5. Auflage. Artemis und Winkler, München, Zürich
- Zimmermann, R. S.; E. D. Fröhlich (1990): Stress and hypertension. *J. Hypertension*, 8. suppl. 4, S. 103-107