

*Lehrstuhl für Innere Medizin (Direktor: Prof. Dr. A. W. von Eiff)
der Medizinischen Universitätsklinik Bonn*

Der Einfluß von experimentellem Verkehrslärm auf vegetative Funktionen von Normotonikern und Hypertonikern nach Streß

The influence of experimental traffic noise on autonomous functions of normotensives and hypertensives after stress

W. Schulte, G. Heusch und A. W. von Eiff

Mit 5 Tabellen

(Eingegangen am 25. März 1977)

Summary

In a series of experiments on 12 normotensives and 12 essential hypertensives the influence of traffic noise (81 dB) on autonomous functions after stress exposure was examined. The process of the stress reaction was started by visually presented arithmetic tasks under affecting noise. With normotensives and hypertensives this combination of stressors led to a significant increase of the systolic and diastolic blood pressure, heart rate, and muscle tone.

The influence of traffic noise directly following the combination of stressors was examined in an intraindividual comparison with a resting-time period. During the period of noise, significantly higher values with blood pressure data only were found with normotensives and hypertensives as well.

The comparison between the normotensive and the hypertensive group during the combination of stressors and during the following resting period showed no significant differences in reaction whereas during the second stressor hypertensives compared to normotensives showed strong, partly significant adaptation reactions of blood pressure with regard to the preceding experimental phase.

Die Beziehungen zwischen Streß und Hypertonie wurden bisher von verschiedenen Arbeitsgruppen untersucht (Lit. 5, 6, 11, 13, 17). Lärm gilt als ein möglicher psycho-sozialer Stressor. Mehrere Autoren konnten mit Lärm im Tierversuch eine Hypertonie provozieren (16, 21, 3). Die Übertragbarkeit dieser Tierversuche auf den Menschen ist umstritten (15). – Auch die Ergebnisse epidemiologischer Studien hinsichtlich einer erhöhten Hypertonieinzidenz unter Lärmeinwirkung differieren (1, 20, 8).

Nach *Arguelles* (2) unterscheiden sich Normotoniker und Hypertoniker unter Lärm. Während bei Normotonikern keine Blutdruckreaktion zu beobachten war, stieg bei Hypertonikern der Blutdruck signifikant an. Mit Hilfe eines kombinierten akustisch-optischen Stressors ließen sich subtile Beziehungen zwischen verschiedenen Hypertoniestadien und Streßreaktionen des Blutdrucks nachweisen (6).

Lärm als alleiniger Stressor zum Vergleich der Reaktionsweise von Normotonikern und Hypertonikern wurde aber, soweit uns aus der Literatur bekannt ist, nur von *Arguelles* u. Mitarb. benutzt. Diese Untersuchungen, in denen während Belärmung Katecholaminanstiege in der Ausscheidung nur bei Hypertonikern von Blutdruckanstiegen begleitet waren, schienen uns wegen ihrer Konsequenz für die Klinik und die Maßnahmen hinsichtlich des Lärmschutzes einer Überprüfung wert zu sein, da nach unseren eigenen Untersuchungen (4) auch Normotoniker bei Belärmung mit signifikanten Blutdruckanstiegen reagieren können.

Andererseits hatte sich in der epidemiologischen Fluglärmstudie (8) gezeigt, daß Rechnen ein wesentlich stärkerer Reiz als Dauerlärm für den systolischen und diastolischen Blutdruck darstellt und daß Dauerlärm eines Breitbandgeräusches (20–20 000 Hz) von 95 dB (lin) nur zu sehr geringen Blutdruckanstiegen führte, während Lärmstöße dieses Breitbandgeräusches mit zunehmenden Schalldruckpegeln von 60, 80 und 100 dB (lin) zu keinen stärkeren Blutdruckreaktionen führten, z. T. sogar in dieser Versuchsanordnung beruhigend, d. h. blutdrucksenkend, wirkten.

Aufgrund dieser Erfahrungen schien es uns in der vorliegenden Versuchsreihe sinnvoll zu sein, den Stressor, an dessen Wirksamkeit für uns kein Zweifel besteht, nämlich den kombinierten Stressor Rechnen unter Belärmung, der eine Reagibilitätsprüfung des ZNS ermöglicht, als Stimulus zu verwenden und ohne Ruhepause, wie sie in der Fluglärmstudie nach dem Stressor eingelegt wurde, den Blutdruckeffekt eines rein akustischen Phänomens des täglichen Lebens zu untersuchen.

Diese in der Hypertonie und Lärmforschung bisher noch nicht benutzte Methode eines zweifachen Stressors sollte bessere Ausgangsbedingungen für die Prüfung der Belärmung schaffen und zugleich Grundlage im Vergleich des Verhaltens von Normotonikern und Hypertonikern bilden.

Methodik

Untersucht wurden 24 männliche Personen. Nach der Definition der WHO handelte es sich dabei um 12 Normotoniker und 12 Hypertoniker. Diese Einteilung wurde anhand von Blutdruckwerten durchgeführt, die vor der Laboratoriumsuntersuchung gewonnen wurden. Sekundäre Hypertonien waren durch klinische, biochemische und röntgenologische Untersuchungen ausgeschlossen worden. Das mittlere Alter der hypertonen Gruppe betrug 43, der normotonen Gruppe 40 Jahre. Keine Versuchsperson hatte während der letzten 10 Tage vor der Untersuchung ein antihypertensives, ein sedierendes und auch kein anderes Medikament erhalten, das die untersuchten Parameter beeinflussen konnte.

Die Untersuchung fand in einem abgeschlossenen Raum statt, in dem der Proband allein in entspannter Körperhaltung in einem *Thonet-Siesta*-Stuhl saß. Der Untersuchungsraum war als *Faradayscher* Käfig gegen mögliche elektromagnetische Einflüsse abgeschirmt.

Im Untersuchungsablauf wurden die nachfolgend näher bezeichneten Parameter so lange gemessen, bis ein *Steady-state* eintrat. Dann begann die eigentliche Untersuchung mit einer 5minütigen Vorruhephase. Die anschließende Stressituation wurde durch einen kombinierten Stressor – Rechnen unter affektiver Belärmung – ausgelöst. Der affektive Lärm, der aus mehreren stark

emotionell gefärbten Szenen des täglichen Lebens bestand, wurde über Kopfhörer dem Probanden mit einer Stärke von 88 ± 5 dB (A) Gesamtdruck dargeboten.

Vor Lärmbeginn wurde der Proband über Tonband aufgefordert, die während der Belärmung auf eine ihm gegenüberliegende Wand projizierte Rechenaufgabe so schnell und gut wie möglich zu lösen. Diese Rechenaufgabe bestand in der fortlaufenden Addition ein- und zweistelliger Zahlen. Nach 5minütiger Dauer des Stressors wurde das Rechenergebnis vom Tonband her abgefragt. Im Anschluß daran wurde der Proband zu völliger Entspannung aufgefordert.

Während der nachfolgenden 15 Minuten wurde im ersten bzw. zweiten Versuch eine Messung unter strengen Ruhebedingungen (Streßtest 1) bzw. unter Belärmung mit Straßenlärm (Streßtest 2) durchgeführt. Dieser Straßenlärm war an einer verkehrsreichen Bonner Kreuzung aufgenommen worden und wurde dem Probanden mit einer Intensität von 81 ± 3 dB (A) über Kopfhörer vorgespielt. Der Abstand zwischen beiden Untersuchungen betrug bei jeder Versuchsperson mindestens 24 Stunden. Die beiden Untersuchungen fanden jeweils zur gleichen Tageszeit statt. Um bei der Zweituntersuchung einen Adaptationseffekt auszuschließen, wurde die Reihenfolge der beiden Untersuchungen nach Zufallszahlen variiert.

Untersucht wurden Blutdruck, Herzfrequenz und Muskeltonusintegral. Der Blutdruck wurde minütlich am linken Arm wie bei der Methode nach *Riva-Rocci* gemessen, wobei die *Korotkoff*-Töne getrennt für Systole und Diastole mit Ultraschall-*Doppler*-Sonden über der Arteria brachialis in Oberarmmitte und über der Arteria radialis bestimmt wurden¹⁾. Die Herzfrequenz wurde über die RR-Intervalle in einer Ekg-Ableitung gewonnen und mit einem PDP-1-Kleincomputer aufgezeichnet. Die Muskelaktionspotentiale als Maß für den Tonus wurden mit Oberflächenelektroden über dem Musculus extensor digitorum am re. Unterarm abgeleitet und als Elektromyointegral mit einem Elektromyointegrator (7) gemessen.

Statistik

Zur statistischen Auswertung wurde der gesamte Versuchsablauf in 5-Minuten-Phasen unterteilt. Somit ergaben sich 5 Phasen: Anfangsruhe A, kombinierte Stressorphase S und abschließend 3 Phasen entweder mit Belärmung L1, L2, L3 oder in Endruhe E1, E2, E3. Der Recovery-Quotient nach *Fahrenberg* wurde durch den Quotienten

$$\frac{S - L(E)}{S - A(A')}$$

gebildet. Da dieser das relative Abklingverhalten einer Streßreaktion angibt, wurde von uns die Formel

$$1 - \frac{S - L(E)}{S - A(A')}$$

verwendet, um damit den Anteil der noch bestehenden Streßreaktionen zu bestimmen.

Bei der statistischen Auswertung wurden nonparametrische Methoden angewandt. Der Vergleich der beiden Streßuntersuchungen erfolgte mit

¹⁾ Diese Methode ist von Dr. rer. nat. *U. Noffke* (18) beschrieben worden. Wir sind Herrn *Noffke* für seine Unterstützung der experimentellen Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.

Hilfe des *Wilcoxon*-Testes und der Vergleich der Reaktionsweise von Normotonikern und Hypertonikern mit Hilfe des *Mann-Whitney*-Testes. (Das gesamte Material ist ausführlich bei G. Heusch dargestellt.)

Ergebnisse

Die Ausgangsrühewerte der normotonen bzw. hypertonen Gruppe unterschieden sich in allen Phasen beider Versuchsteile mit ihren absoluten Werten im systolischen und diastolischen Blutdruck signifikant, während Pulsfrequenz und Muskeltonus keinen statistisch gesicherten Unterschied zeigten (Tab. 1 und 2). Der kombinierte Stressor führte zu signifikanten Reaktionen der 4 gemessenen vegetativen Parameter sowohl bei Normotonikern wie bei Hypertonikern. Der Lärmstressor, der dem kombinierten Stressor folgte, führte bei Normotonikern wie bei Hypertonikern nur zu einer signifikanten Steigerung des systolischen und diastolischen Blutdrucks gegenüber der Endruhe (Tab. 3 und 4).

Bezog sich die bisherige Analyse auf das jeweilige Verhalten der normotonen und hypertonen Personen in den einzelnen Versuchsabschnitten, so ergab der Vergleich der normotonen und hypertonen Gruppe

Tab. 1. Durchschnittliches Verhalten von systolischem Blutdruck (RR_s), diastolischem Blutdruck (RR_d), Herzfrequenz (HF) und Muskeltonus (EMI) von 12 normotonen Männern im Streßtest I unter Anfangsruhe (A), kombiniertem Stressor (Rechnen bei Belärmung) (S) und Endruhe (E_1, E_2, E_3) bzw. im Streßtest II unter Anfangsruhe (A'), kombiniertem Stressor (S') und Straßenlärm (L_1, L_2, L_3).

	A	A'	S	S'	E_1	L_1	E_2	L_2	E_3	L_3
RR_s	116	118	134	128	119	127	116	123	116	124
		**			**		**		**	
		**								
RR_d	76	76	90	88	79	87	77	85	76	85
		**			**		**		**	
		**								
HF	62	67,5	76	78,5	68	68,5	67	67,5	67,5	70
		**								
		**								
EMI	6	9,5	109	100	8,5	13,5	7	16	8	24
		**								
		**								

** = $p \leq 0,01$

Tab. 2. Durchschnittliches Verhalten verschiedener Körperfunktionen bei 12 Patienten mit essentieller Hypertonie. Bezeichnungen wie in Tabelle 1.

	A	A'	S	S'	E ₁	L ₁	E ₂	L ₂	E ₃	L ₃
RR _s	138	140	161	158	139	151	138	146	136	145
		**			**				*	
		**								
RR _d	93	91	101	107	92	103	89	97	88	97
		**			**		**		**	
		**								
HF	66	66,5	81,5	78	73	69	70	68,5	70	69
		**								
		**								
EMI	6	17,5	138,5	104,5	16,5	26,5	7,5	19,5	15	17,5
		**								
		**								

* = p ≤ 0,05
 ** = p ≤ 0,01

Tab. 3. Reaktionen der normotonen Gruppe während Belärmung mit Straßenlärm unter Berücksichtigung der vorausgegangenen Streßreaktion $\left(1 - \frac{S - L (E)}{S - A (A')}\right)$. T ist die kleinere Summe der positiven oder negativen Ränge im Wilcoxon-Test. Sonst Bezeichnungen wie in Tabelle 1.

	L ₁ - E ₁	L ₂ - E ₂	L ₃ - E ₃
RR _s	T = 0**	T = 3,5**	T = 6**
RR _d	T = 1**	T = 0**	T = 0**
HF	T = 26	T = 29	T = 18,5
EMI	T = 9	T = 6,5	T = 8,5

** = p ≤ 0,01

zunächst, daß sich die Reaktionen auf den kombinierten Stressor bei keinem Parameter signifikant unterschieden; es ließ sich nur beim systolischen und diastolischen Blutdruck die Tendenz einer stärkeren Blutdrucksteigerung bei Hypertonikern aufzeigen.

Der Vergleich des Erholungseffektes nach kombiniertem Stressor, d. h. der Vergleich des Verhaltens der Endruhephasen zu den vorausgegan-

Tab. 4. Reaktionen der Hypertoniker auf Straßenlärm.
Bezeichnungen wie in Tabelle 3.

	L ₁ - E ₁	L ₂ - E ₂	L ₃ - E ₃
RR _s	T = 5,5**	T = 17	T = 7,5*
RR _d	T = 4**	T = 3**	T = 0**
HF	T = 20	T = 14,5	T = 28
EMI	T = 11	T = 11,5	T = 18,5

* = $p \leq 0,05$

** = $p \leq 0,01$

Tab. 5. Vergleich der normotonen (N) und hypertonen (H) Gruppe im Reaktionsverhalten während Straßenlärm unter Berücksichtigung der vorausgegangenen Streßreaktion (s. Tab. 3). Dargestellt ist das U im *Mann-Whitney-Test*.

	L ₁	L ₂	L ₃
RR _s	U(H) = 47,5 U(N) = 96,5	U(H) = 32,5* U(N) = 111,5	U(H) = 38(*) U(N) = 166
RR _d	U(H) = 41,5(*) U(N) = 102,5	U(H) = 31,5* U(N) = 112,5	U(H) = 24* U(N) = 120
HF	U(H) = 68 U(N) = 76	U(H) = 66,5 U(N) = 77,5	U(H) = 61,5 U(N) = 82,5
EMI	U(H) = 86,5 U(N) = 57,5	U(H) = 66,5 U(N) = 77,5	U(H) = 78,5 U(N) = 65,5

(*) = $p \leq 0,1$

* = $p \leq 0,05$

nen Versuchsabschnitten, ergab bei keiner vegetativen Funktion einen sicheren Unterschied zwischen Normotonikern und Hypertonikern. Hingegen unterschieden sich die beiden Kollektive, wenn man die abschließenden Verkehrslärmexpositionen im Vergleich zu den vorausgegangenen Versuchsabschnitten berechnete; die Hypertoniker zeigten in ihren Blutdruckwerten eine stärkere Annäherung an ihre Ausgangswerte (Tab. 5).

Diskussion

Untersucht wurden Normotoniker und Hypertoniker. Die Gruppe der Hypertoniker, d. h. der Personen, die in vorausgegangenen ärztlichen Kontrollen hypertone Werte gezeigt hatten, wies allerdings unter diesen strengen Ruhebedingungen nur durchschnittlich systolische Werte auf, die im Grenzbereich zur Übergangsgruppe lagen; auch die diastolischen Blutdruckwerte lagen durchschnittlich nur im Übergangsbereich. An diesem Verhalten der Ruhewerte zeigt sich die gesamte Problematik der Einteilung der Hypertoniker. Nach den Richtlinien der WHO sind zwar die Grenzwerte für die einzelnen Gruppen genau definiert, es fehlen aber

verlässliche Kriterien für die jeweiligen Ruhebedingungen. Hierauf ist an anderer Stelle ausführlich eingegangen worden (5). Daß die Einteilung der WHO für nicht so strenge Ruhebedingungen andererseits sinnvoll ist, zeigt sich darin, daß sich unsere beiden Gruppen, die unter den üblichen Bedingungen in Normotoniker und Hypertoniker eingeteilt wurden, auch unter diesen Laboratoriumsbedingungen in ihren absoluten Ruhe- und absoluten Streßwerten signifikant unterscheiden.

Bei der Analyse der Meßergebnisse müssen wir trennen zwischen den Reaktionen der autonomen Funktionen auf den kombinierten Stressor, auf den Straßenlärm und auf evtl. unterschiedliche Reaktion von Normotonikern und Hypertonikern. Der Stressor Lärm läßt sich bei dieser Versuchsanordnung vorwiegend bei der Darbietung des Verkehrslärms prüfen; denn nach den Erfahrungen ausgedehnter Vorversuche bewirkt der affektive Lärm beim kombinierten Stressor hauptsächlich, daß die Versuchsperson mit großer Konzentration rechnet. Dabei wird nur ganz selten auf Art und Inhalt der Belärmung geachtet.

Erstmals wurde dieser kombinierte Stressor aus unserem Versuchskreis von König bei Untersuchungen an normotonen Personen beschrieben. Da wir aus diesen und späteren Untersuchungen (6) wissen, daß bei diesem kombinierten Stressor verschiedene autonome Funktionen signifikante Anstiege zeigen, wurde er in dieser Versuchsreihe benutzt, um eine Streßreaktion des vegetativen Nervensystems vor der eigentlichen Belastung mit Verkehrslärm zu erzeugen.

Dies gelang bei beiden Untersuchungsgruppen in allen Funktionen. Zu der viel diskutierten Frage, ob Hypertoniker unter dem Einfluß von Stressoren eine erhöhte Reagibilität aufweisen (5, 6, 9, 19), läßt sich aufgrund der Reaktion auf den kombinierten Stressor in dieser Versuchsreihe nur sagen, daß zwar keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Blutdruckgruppen bestanden, jedoch eine deutliche Tendenz zu stärkeren Blutdruckreaktionen bei Hypertonikern erkennbar war, während ähnliche Tendenzen bei Herzfrequenz und Muskeltonus nicht zu sehen waren. Auf dieses Phänomen werden wir aufgrund weiterer Analysen in Kürze eingehen.

Betrachtet man das Verhalten der vegetativen Funktionen unter Verkehrslärm, dann zeigt die Auswertung folgende Phänomene: Die Beschallung mit Straßenlärm führt in beiden Blutdruckgruppen zu signifikant höheren Blutdruckwerten gegenüber den zeitlich entsprechenden Endruhephasen im Kontrollversuch bei Berücksichtigung des vorausgegangenen Streßeffekts. Der Blutdruck war die einzige gemessene vegetative Funktion mit solch unterschiedlichem Verhalten.

Dieser Befund läßt sich, soweit wir die Literatur übersehen, mit keiner anderen Lärmreaktion unmittelbar vergleichen, da immer nur Lärmreaktionen mit vorausgegangener Ruhe registriert wurden. Ob die in der Literatur umstrittene Frage der Blutdruckreaktionen nach vorausgegangener Ruhe nun dahingehend beantwortet werden kann, daß eindeutige Reaktionsunterschiede erst nach vorausgegangenem Streß zu beobachten sind, läßt sich erst entscheiden, wenn wir in weiteren Untersuchungen den Straßenlärmeffekt unmittelbar nach Anfangsruhe geprüft haben. Ein Vergleich mit ähnlichen Versuchen erscheint auch nicht sinnvoll, solange

nicht bekannt ist, wie sich Art des Lärmstressors und Lautstärke auswirken.

Beim Vergleich der normotonen mit der hypertonen Gruppe zeigten Hypertoniker bei der Belastung mit Straßenlärm eine signifikant ausgeprägtere Rückkehr in die Ausgangslage als Normotoniker. Dieses Verhalten der Hypertoniker weist auf eine verstärkte Reagibilität hin, die während des ersten Stressors nur angedeutet war.

Hier könnte man schlußfolgern, daß der zweite Stressor für Hypertoniker nicht so belastend war wie für Normotoniker. Betrachtet man jedoch das absolute Blutdruckverhalten mit seinen Konsequenzen für die Blutgefäße, dann ist der Hypertoniker bei zwei aufeinanderfolgenden Stressoren in einer ungünstigeren Lage, weil die absoluten Blutdruckwerte länger gegenüber den ohnehin erhöhten Blutdruckwerten in der Vorruhe gesteigert bleiben. Dieses Phänomen hat also in bestimmter Weise einen widersprüchlichen klinischen und physiologischen Aspekt.

Zusammenfassung

In einer Versuchsreihe von 12 Normotonikern und 12 essentiellen Hypertonikern wurde untersucht, wie sich der Einfluß von Verkehrslärm (81 dB) nach vorausgegangenem Streß auf vegetative Funktionen auswirkt. Der Streß wurde durch einen optisch dargebotenen Rechentest unter affektiver Belärmung ausgelöst. Dieser kombinierte Stressor führte bei Normotonikern und Hypertonikern zu signifikanten Anstiegen des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der Herzfrequenz und des Muskeltonus.

Der Einfluß des Verkehrslärms im unmittelbaren Anschluß an den kombinierten Stressor wurde durch intraindividuellen Vergleich zu einer zeitlich entsprechenden Ruhephase geprüft. Signifikant höhere Werte während der Belärmung fanden sich sowohl bei Normotonikern wie bei Hypertonikern nur bei den Blutdruckwerten.

Der Vergleich der normotonen und hypertonen Gruppe ergab keine signifikanten Unterschiede des Reaktionsverhaltens während des kombinierten Stressors und während der anschließenden Erholungsphase. Hingegen zeigten Hypertoniker während des zweiten Stressors im Vergleich zu Normotonikern deutliche, teilweise signifikante Adaptationsreaktionen des Blutdrucks im Verhältnis zu der vorausgegangenen Versuchssituation.

Literatur

1. *Andriukin, A. A.*: Influence of sound stimulation on the development of hypertension. *Cor et Vasa* 3, 285–293 (1961).
2. *Arguelles, A. E., M. A. Martinez, E. Pucciarelli, M. V. Disisto*: Endocrine and metabolic effects of noise in normal, hypertensive and psychotic subjects. In: *Welch, B. L., A. S. Welch* (Hrsg.): *Physiological effects of noise* (New York 1970).
3. *Buckley, J. P., H. H. Smookler*: Cardiovascular and biochemical effects of chronic intermittent neurogenic stimulation. In: *Welch, B. L., A. S. Welch* (Hrsg.): *Physiological effects of noise* (New York 1970).
4. *v. Eiff, A. W.*: Funktionsspezifische Effekte und Gewöhnungsphänomene bei Lärm von unterschiedlicher Zeitstruktur. In: *Psychologische Fragen der Lärmforschung*. S. 109–118 (1964).
5. *v. Eiff, A. W.*: *Essentielle Hypertonie* (Stuttgart 1967).
6. *v. Eiff, A. W.*: Die Diagnose des Streß. In: *v. Eiff, A. W.* (Hrsg.): *Seelische und körperliche Störungen durch Streß*. S. 194–217 (Stuttgart 1976).

7. *v. Eiff, A. W., W. Meyer-Eppler*: Elektromyointegrator, ein Gerät zur quantitativen Auswertung von Muskelaktionsströmen. *Klin. Wschr.* **34**, 484–486 (1956).
8. *v. Eiff, A. W., A. Czernik, L. Horbach, H. Jörgens, H.-G. Wenig*: DFG-Forschungsbericht Fluglärmwirkungen. Der medizinische Untersuchungsteil. Bd. I, S. 349–424, Bd. II, S. 149–200 (Boppard 1974).
9. *v. Eiff, A. W., C. Piekarski*: Stress reactions of normotensives and hypertensives and the influence of female sex hormones on blood pressure regulation. 1977 (im Druck).
10. *Fahrenberg, J.*: Psychophysiologische Persönlichkeitsforschung (Göttingen 1967).
11. *Harris, R. E., R. P. Forsyth*: Personality and emotional stress in essential hypertension in man. In: *G. Onesti, K. E. Kim, J. H. Moyer* (Hrsg.): Hypertension: Mechanisms and management. S. 125–132 (New York, London, 1973).
12. *Heusch, G.*: Vegetative Lärmreaktionen von Normotonikern und essentiellen Hypertonikern nach Streß. Diss. Med. Fak., Bonn (in Vorbereitung).
13. *Julius, S., M. D. Esler*: The nervous system in arterial hypertension (Springfield 1976).
14. *König, J.-G.*: Vegetative Reaktionen bei Rechentest und Belärmung. Diss. Med. Fak. (Bonn 1968).
15. *Kryter, K. D.*: Non-auditory effects of environmental noise. *Amer. J. Public Health* **62**, 389–398 (1972).
16. *Medoff, H. S., A. M. Bongiovanni*: Blood pressure in rats subjected to audiogenic stimulation. *Amer. J. Physiol.* **143**, 300–305 (1945).
17. *Nitschkoff, S., G. Kriwizkaja*: Lärmbelastung, akustischer Reiz und neurovegetative Störungen (Leipzig 1968).
18. *Noffke, U.*: Messung und Analyse vegetativer Streßreaktionen. Diss. Naturwissensch. Fak. (Bonn 1977).
19. *Richter-Heinrich, E., U. Knust, H. Sprung, K. H. Schmidt*: Psychophysiologische Untersuchungen zur Streßsensibilität von arteriellen essentiellen Hypertonikern. In: *v. Eiff, A. W.*, (Hrsg.): Seelische und körperliche Störungen durch Streß (Stuttgart 1976).
20. *Shatalov, N. N., M. A. Murov*: The influence of intensive noise and neuro-psychic tension on the level of the arterial pressure and incidence of hypertensive vascular disease. *Klin. Med.* **48**, 70–73 (1970).
21. *Yeakel, E. H., H. A. Shenkin, A. B. Rothballe, S. McDonald McCann*: Blood pressures of rats subjected to auditory stimulation. *Amer. J. Physiol.* **155**, 118–127 (1948).

Für die Verfasser:

Prof. Dr. A. W. v. Eiff, Medizinische Univ.-Klinik, Venusberg, 5300 Bonn