

Aus der Psychiatrischen und Nervenlinik der Universität Hamburg
(Direktor: Prof. Dr. BÜRGER-PRINZ)

Tagesschwankungen der Hautsensibilität*

Von
H. J. BOCHNIK

Mit 5 Textabbildungen

(Eingegangen am 5. Februar 1958)

Anders als bei der vorher untersuchten motorischen Erregbarkeit sind die Bedingungen der sensiblen Erregbarkeit der Haut besonders vielfältig mit dem ganzen Menschen verwoben. So beteiligen sich bei einer sensiblen Schwellenbestimmung periphere Rezeptoren, Thalamus und Hirnrinde, die alle vegetativen oder cerebralen Regulationen unterliegen. Aufgabenübernahme und Aufmerksamkeit sind dazu erforderliche Bewußtseinsleistungen, die selbst von vitalen und psychischen Einflüssen verändert werden können. In der einfachsten klinischen Sensibilitätsprüfung wird, wie v. WEIZSÄCKER es ausgedrückt hat, das *Verhalten* eines unteilbaren Menschen und nicht nur die *Reaktion* eines Organs untersucht. [„Zwischen einem mikroskopischen Receptor und einer sprachlichen Aussage liegt eine Welt, von der unsere Kenntnisse nur dürrtig sind“ (1937, 702).] Dieser Hintergrund schwieriger Probleme wird in experimentellen und klinischen Arbeiten zumeist (mit Recht) stillschweigend übergangen. Man muß ihn jedoch im Auge gehabt haben, wenn man danach fragt, welche Änderungen der sensiblen Erregbarkeit binnen 24 Std ohne besondere Belastungen auftreten können. Spontane Tagesschwankungen sind eigenartigerweise bei der Fülle von Arbeiten über Sensibilitätsprobleme fast nicht beachtet worden. (Übersichten finden sich bei ALTENBURGER, BREIG, v. FREY, FULTON, GOLDSCHNEIDER, GOTTSCHICK, R. JUNG, KLEIN, MAGUN, H. R. MÜLLER, PRADINES, SCHAEFER, SCHWEITZER, v. SKRAMLIK, v. WEIZSÄCKER.)

An systematischen Voruntersuchungen über Tagesschwankungen sensibler Funktionen ist uns nur die Arbeit von JORES u. FREES bekanntgeworden.

An 20 Versuchspersonen wurden nach der Methode von FREUND, die Schmerzschwellen an einem Zahn mit dem faradischen Strom eines Schlitteninduktoriums geprüft. Als Maß der Stromstärke diente der Rollenabstand. 17 Personen wurden zwischen 8 und 20 Uhr in zweistündigen Intervallen untersucht. Bei dreien wurde

* Die Arbeit schließt an die Mitteilungen I—IV über mehrgleisig-simultan gemessene Tagesschwankungen an. (Nervenarzt 1958, Dtsch. Z. Nervenheilk. 1958.)

auch nachts, insgesamt zwischen 8 und 6 Uhr, gemessen. Die stetige mittlere Tageskurve der Schmerzempfindlichkeit zeigte im Laufe des Tages einen langsamen Anstieg mit einem Höhepunkt gegen 18 Uhr. Diesem folgte ein ziemlich steiler Abfall auf ein niedrigeres Nachtniveau, unterhalb des Tagesminimums. Als klinische Konsequenz empfahlen die Autoren, alle schmerzhaften Eingriffe morgens zu machen, da nachmittags mit einer Steigerung der Schmerzempfindlichkeit zu rechnen sei.

Die Arbeit von JORES u. FREES ist praktisch unbekannt geblieben und selbst in neuesten Darstellungen wurde an die Möglichkeit einer Tagesperiodik nicht gedacht. Dies hat sich soweit wir sehen, auch nach unseren ersten Mitteilungen über chronaximetrische Untersuchungen 1949, 1952 und über Tagesschwankungen spontaner Schmerzen, nicht geändert.

I. Druck- und Schmerzempfindung

1. Die Erstempfindung, die bei geringster Intensität der elektrischen Hautreizung auftritt, soll hier als „*Druck-Empfindung*“, bzw. davon abgeleitet, als „*Druck-Erregbarkeit*“ bezeichnet werden. Diese Bezeichnung ist nicht ganz korrekt. Wir wählten sie dennoch, da sie eine sprachlich bequeme Abgrenzung von den Schmerzphänomenen erlaubt und weil im Rahmen unserer Untersuchungen, die nur mit elektrischen Reizungen durchgeführt worden sind, Mißverständnisse nicht zu befürchten sind.

Diese Erstempfindung wurde bei unserer Versuchsanordnung immer mit einem feinen Klopfen, Ticken, Pochen u. dgl. von eigenartigem Charakter verglichen.

Es handelt sich dabei sicher nicht um eine isolierte Erregung der Druck-Receptoren der Haut. Wahrscheinlich ist die Reizung der zuführenden Nervenfasern ausschlaggebend. Dafür sprechen wenigstens die Versuche von AUERSPERG u. STEIN, die mittels der Reinschen Novokain-Kataphorese eine zunehmende Vertaubung der oberflächlichen Hautschichten herbeigeführt haben, in deren Verlauf die verschiedenartigen Receptoren in bestimmter Reihenfolge (REIN, ENDRES) die Ansprechbarkeit für adäquate Reize verloren haben, während die „galvanische Druckempfindung“ (ein „Stoß“) für die Versuchsperson kaum verändert erschien. (Die Rheobase zeigte nach der Vertaubung einen kleinen Abfall, die Chronaxie einen kleinen Anstieg.) Für die Bedeutung der Nervenfasern bei der Reizung spricht ferner die Tatsache, daß die Chronaxien für einen Druckpunkt und für den Nervenstamm in der gleichen Größenordnung liegen (s. v. SKRAMLIK, S. 61). Diese Erstempfindung tritt bei punktförmiger elektrischer Reizung sowohl an Schmerzpunkten als an Druckpunkten auf, doch besteht darin Übereinstimmung, daß die Chronaxiewerte für die Druckempfindung niedriger als für die Schmerzempfindung liegen (Chronaxie zur Erregung eines Druckpunktes nach WALTHARD u. WEBER 0,09—0,34 msec. Die eines Schmerzpunktes schwankt zwischen 0,27 und 0,6 msec nach v. SKRAMLIK, S. 60).

2. Vor Beginn jeder Tagesuntersuchung verständigten wir uns mit den Versuchspersonen über das Schwellenkriterium des Schmerzes. Wir wählten nicht die Erträglichkeitsgrenze, sondern die Intensität bei der

die Klopfempfindung einen stechenden Charakter annahm. Diese Schwelle konnten die Versuchspersonen sehr exakt reproduzieren.

Nach diesen Bestimmungen möge es gestattet sein, daß im folgenden kurz von Druck- und Schmerzempfindung gesprochen wird.

Meßtechnik

Bei den Schwierigkeiten, die jeder Sensibilitätsprüfung anhaften, konnten nur elektrische Reizverfahren in Betracht kommen, da nur diese exakt quantifizierbare Reizgebungen erlauben. Wir haben uns für die seit *BOURGUIGNON* (1923) eingeführte Chronaximetrie entschieden und auf die Messung ganzer Reizzeit-Strommengenkurven verzichtet. Im Gegensatz zur motorischen Erregbarkeitsmessung bestehen hier weniger Bedenken dieses einfachere Verfahren anzuwenden, da die Reizzeitstrommengenkurven homogen sind und daher durch zwei Punkte, Rheobase und Chronaxie, ausreichend charakterisiert werden können.

Nach der motorischen Erregbarkeitsmessung (s. a. o.) wurde ohne Veränderung der Elektrodenlage die sensible Erregbarkeit untersucht. Wir verwandten das von *MAGUN* beschriebene Verfahren. Die Stoßrheobasen (*SCHRIEVER*) wurden zu jeder Meßzeit neu bestimmt. Die Impulsdauer von 10 msec genügt dem Kriterium *SCHRIEVERS*, nachdem bei Verdoppelung der Impulsdauer kein merklicher Abfall der Stromschwelle mehr stattfinden soll. Diese relativ kurzen Reizzeiten ermöglichen eine rhythmische Impulsgebung, die für Versuchsperson und -leiter die Schwellenbestimmung erleichterten (*WALTHARD* u. *WEBER*, *MAGUN* S. 124). Bewährt hat sich uns eine Frequenz von 2 Reizen in der Sekunde, bei der Summationsphänomene noch nicht auftreten. Die Reizungen wurden stets unterschwellig begonnen (d. h. bei Ermittlung der Rheobasen wurde bei konstanter Reizdauer die Stromstärke stufenlos erhöht, bis der Proband die Schwellenempfindung anzeigte. Zur Messung der Chronaxie wurde bei konstanter Stromstärke (von doppelter Rheobase) die Impulsdauer stufenlos verlängert).

Rheobasen und Chronaxien wurden in jeder Meßzeit durch je 5—10 Einzelbestimmungen definiert. Da die Streuungen der Einzelmessungen im Verhältnis zu den Tagesschwankungen relativ klein waren (s. unten), lohnte es sich nicht, Mittelwerte und mittlere quadratische Abweichung zu bestimmen. Als repräsentativen Schwellenwert für eine Meßzeit wählten wir das Mittel aus den Extremen der 5—10 Einzelmessungen (maximale Streuungen), nachdem diese bereinigt worden sind: Erstens wurden Extremvarianten gestrichen, die durch Ablenkung oder Irrtum der Versuchsperson bei aller Vorsicht hin und wieder vorkommen. Zweitens wurden einzelne Extremwerte gestrichen („Ausreißer“); dabei wurde in der Regel nicht mehr als ein Wert pro Meßgruppe gestrichen, und es mußten mindestens 5, in Ausnahmefällen 4 Einzelmessungen übrigbleiben (z. B. wurden von 1024 Einzelbestimmungen der Schmerz-Rheobasen 107 (= 10,4%) als Extremvarianten gestrichen). Dieses Verfahren hat die ohnehin sehr umfangreichen Rechnungen vereinfacht und dabei eine ausreichende Genauigkeit gewährleistet. Da die Extremvarianten häufig „psychogen“ sind, wird mit ihrer Streichung die biologische Streuung klarer hervortreten.

Zur Kontrolle der Spontanschwankungen haben wir uns nicht mit der gewöhnlichen Chronaximetrie auf der Basis jeweils wieder ermittelter Rheobasenwerte begnügt, sondern oft die Zeitschwellen zusätzlich gemessen, die sich bei Zugrundelegung der Rheobasen der davorliegenden Meßzeit ergeben hatten. (*Chronaxie bei festgehaltener Rheobase.*) Diese Kontrolle war sehr aufschlußreich, da Rheobase und Chronaxie bekanntlich voneinander stark abhängig sind (was in vielen älteren Untersuchungen nicht ausreichend berücksichtigt worden ist).

Das Ergebnis kann hier vorweggenommen werden. Immer wenn sich die Rheobase von einer Meßzeit zur anderen erheblich verändert hatte, kam es zu einer erheblichen gegensinnigen Veränderung der Chronaxie, wenn man sie auf der Basis der Rheobase der vorangegangenen Meßzeit gemessen hatte. Beispiele dafür sind in der Mitteilung über Befinden, Kopfschmerz und Tagesperiodik enthalten. Die festgehaltenen“ Rheobasen wurden dort durch einen Punkt markiert, der nicht in den Linienzug des Tagesganges einbezogen ist; die dazugehörigen Chronaxiewerte sind mit ihren maximalen Streuungen synchron (meist als senkrechte Doppellinien) eingezeichnet worden.

Dieses Ergebnis beweist unseres Erachtens, daß sich die Erregbarkeitsverhältnisse von Meßzeit zu Meßzeit wirklich verändert haben; denn sonst hätten sich bei festgehaltenen Rheobasen auch die Chronaxiewerte der vorangegangenen Meßzeit reproduzieren lassen müssen. Bei der Auswertung der Tagesuntersuchungen wurden zuerst die absoluten Werte betrachtet, die als Beispiele für das Ausmaß von Spontanschwan- kungen gelten könnten.

In einigen Fällen wurden zusätzlich die *Reizsummation* mittels höherer Reizfrequenzen, ferner die *Nachdauer* von Schmerzreizen und schließlich die Schmerz-erregbarkeit bei Anwendung von *dreieckförmigen* „*einschleichenden*“ *Impulsen* im Tagesgang untersucht. Es soll darüber an anderer Stelle berichtet werden.

Auswertungsverfahren

Nach der vorsichtigen Bereinigung von Extremvarianten (bei denen es sich wie gesagt häufig um „psychogene“ Fehler handelt), wurden aus den absoluten Meßwerten die *maximalen Tagesvariationen* der einzelnen Meßreihen als Differenz der Extremwerte ohne Rücksicht auf deren Zeitpositionen ermittelt.

Jede Meßzeit wurde durch 5—10 Einzelmessungen definiert aus deren Extremwerte sich die *Meßpunktstreuung* ergab (s. Abb. 5).

Zur Analyse der *Tagesperiodik* waren, wie bei Werten der motorischen Erregbarkeit, die absoluten Werte unbrauchbar. Nach dem dort schon beschriebenen Vorgehen haben wir die Werte aller einzelnen Meßzeiten in Prozent der maximalen Tagesvariation des zugehörigen Tagesganges umgerechnet (= Prozent der individuellen maximalen Tagesvariation). Das absolute Minimum jedes Tagesganges ist 0% und das absolute Maximum ist 100%. Diese Relativwerte haben den großen Vorzug, daß sie die beträchtlichen Größenunterschiede der individuellen Mittelwerte und Tagesvariationen ausscheiden. Als Nachteil ist zu berücksichtigen, daß in Fällen mit sehr kleinen maximalen Tagesvariationen die zufälligen Streuungen zu stark ins Gewicht fallen. Dieser Gefahr begegneten wir damit, daß die Berechnungen sowohl mit als ohne Extremvarianten der maximalen Tagesvariationen durchgeführt worden sind. Hier sei angemerkt, daß die logarithmische Normalverteilung für den Fall des Einschlusses aller Extremvarianten gültig war (s. S. 229f.).

Die relativen Werte von Rheobasen und Chronaxien wurden in Zeit-Tabellen eingetragen, in der jede Zeile den Tagesgang eines Parameters eines Falles enthielt. Die Mittelwerte aus allen Fällen oder einer ausgewählten Anzahl, konnten dann leicht nach Aufsummierung der zweistundenbreiten senkrechten Spalten bestimmt werden.

Zur weiteren Analyse der Tagesperiodik wurden die relativen Meßpunktwerte in zwei Extremklassen und eine Mittelklasse aufgespalten, deren Häufigkeitsverteilungen im Tagesgange dann isoliert werden konnte (s. Abb. 4 b, c).

Die 1. Klasse enthält alle Minima, d. h. alle Werte von 0—29%.

Die 2. „ „ „ „ „ „ 30—69%.

Die 3. „ „ „ „ „ „ 70—100%.

Der nächste Untersuchungsgang galt der *Änderung der (relativen) Erregbarkeit von Meßzeit zu Meßzeit*, d. h. in der natürlichen Zeitfolge. Wir bildeten dabei die Differenzen der Relativwerte benachbarter Zeitpunkte. (Zur Vermeidung von negativen Werten wurde jeweils 100% addiert.)

Aus diesen Änderungswerten wurden die Häufigkeitsverteilungen fallender und steigender „Strecken“ sowie deren mittlere Tagesgänge errechnet (s. Abb. 3 u. 4 d).

Als Maß für *Labilität und Stabilität* im Tagesgange summieren wir die Änderungsgrößen ohne Rücksicht auf deren Vorzeichen (s. Abb. 4 e).

Zur Veranschaulichung wurden alle individuellen absoluten Tagesgänge mit ihren maximalen Meßpunktstreuungen gezeichnet. Die mittleren Tagesgänge der Relativwerte wurden einmal unausgeglichen gezeichnet, zum anderen in ausgeglichenen Diagrammen, die durch gleitende Mittelwertbildung aus je 3 benachbarten Mitteln errechnet worden sind. Aus Platzgründen mußten wir uns bei der Darstellung der Ergebnisse vor allem auf letztere stützen.

Zur *statistischen Beurteilung* der Tagesgänge haben wir (wie bei der Analyse der motorischen Tagesschwankungen) folgende Kriterien angewandt:

1. Es wurde das Verhältnis der Differenzen der Extrempunkte der mittleren Tageskurven zum mittleren Fehler der Differenz untersucht

$$\sigma \text{ Diff} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} = \text{Gamma (vgl. KOLLER, 40)}.$$

2. Die Summenkurven wurden in Teilkollektive zerlegt, die die tageszeitliche Disposition zu Minimal- und Maximalwerten getrennt anzeigen. Deren Summierung kann Gesetzmäßigkeit leicht verschleiern, da die Extremwertverteilungen im Tagesgange viel größeren individuellen Streuungen unterworfen sind, als dies z. B. bei den Tagesgängen der Körpertemperatur der Fall ist.

3. Die Stetigkeit der Kurven der mittleren Tagesgänge und schließlich die Ergebnisse der Korrelationsuntersuchungen (s. II. Mitteilung) wurden als Argumente für deren Realität gewertet.

Material

Die Sensibilitätsuntersuchungen sind im Rahmen mehrgleisig-simultaner Tagesuntersuchungen an 19 weiblichen und 6 männlichen Probanden im Alter von 16 bis 47 Jahren (durchschnittlich 29,5 Jahre) durchgeführt worden, über die a. O. berichtet worden ist.

Für die Untersuchungen der *Druckerregbarkeit* wurden 28 Tagesgänge mit 211 Meßzeiten berücksichtigt, für die der *Schmerzerregbarkeit* 26 Tagesgänge mit 191 Meßzeiten binnen 24 Std. Jede Meßzeit ist durch 10—20 einzelne Schwellenbestimmungen definiert, von denen jeweils die Hälfte auf Rheobasen und Chronaxien entfallen. In diesen Zahlen sind die Kontrollen mit festgehaltenen Rheobasen s. o., Untersuchungen mit höheren Reizfrequenzen und dreieckförmigen Reizimpulsen nicht enthalten.

Befunde

Die Resultate der umfangreichen Berechnungen konnten im wesentlichen tabellarisch und in Diagrammen wiedergegeben werden. Zur Erfassung von Einzelheiten ist eine Versenkung in die Tabellen und Abbildungen unerlässlich.

Die *maximalen Tagesvariationen* sind als absolute Werte, durch einen Strich der jeweils 40—80 Schwellenbestimmungen repräsentiert, in

Abb. 1 dargestellt. Innerhalb der 24 Std.-Messung wurden die Bedingungen konstant gehalten. Die verschiedenen Reizorte wirkten sich nicht erheblich aus, im Gegensatz zu den verschiedenen Innenwiderständen des Reizgerätes.

Die Grenzwerte dieses Materials sind in Tab. 1 wieder gegeben.

Die *Häufigkeitsverteilungen der maximalen Tagesvariationen* zeigt Abb. 2. Diese Streuungsfiguren wurden erst definierbar, als wir von den Logarithmen der maximalen Tagesvariationen ausgingen, deren quadratische Abweichungen vom Mittelwert in den Grenzen $M \pm \sigma^1$ liegen und sich somit als Gaußsche Normalverteilungen enthüllten¹.

Tab. 2 zeigt die sehr gute Übereinstimmung der beobachteten Werte mit denen, die theoretisch zu erwarten sind. Eine Normalverteilung spricht für die Homogenität des Materials. *Dies bedeutet in unserem Falle, daß die Variationen der Versuchsbedingungen* (Oberarm-Unterarm, Streckseite, Beugeseite und Innenwiderstand) *keinen prinzipiell verändernden Einfluß auf die*

¹ Für diese Feststellung sind wir Herrn Prof. Dr. FREUDENBERG, dessen freundliche Unterweisung in statistischen Fragen für uns sehr wesentlich war, zu besonderem Dank verpflichtet.

Tabelle 1

| | „Druck“-Empfindung | | Schmerz-Erregbarkeit | |
|--|--|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | Rheobasen mA | Chronaxie msec | Rheobasen mA | Chronaxie msec |
| Absolutes Minimum . . | 0,2 | 0,05 | 1,1 | 0,1 |
| Absolutes Maximum . . | 3,5 | (4,5 = Fall 24) 3,7 | 10,0 | 5,8 |
| Kleinste maximale . . . | (1,05—1,25) = 0,2 | (0,056—0,115) = 0,059 | (1,56—2,2) = 0,55 | (0,13—0,33) = 0,20 |
| Tagesvariation | | (0,26—4,5) = 4,34 | | |
| größte maximale . . . | (1,8—3,5) = 1,7 | = Fall 24) | (3,8—10,0) = 6,2 | (0,15—5,8) = 5,65 |
| Tagesvariation | | (0,24—3,7) = 3,46 | | |
| Mittlere Tagesvariation | (1,003—1,76) = 0,757 | (0,176—0,771) = 0,596 | (2,77—5,3) = 2,53 | (0,34—1,62) = 1,28 |
| (alle Fälle) | ± 0,0188 | ± 0,0099 | | |
| ± $\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{m}}$ | Ohne Extremvarianten (Fälle 22 u. 24 li.) | (0,174—0,665) = 0,491 | Ohne Extremvarianten (F. 3 u. 14) | (0,291—1,38) = 1,089 ± 0,0507 |

maximalen Tagesvariationen haben obwohl die Größen der maximalen Tagesvariationen von den Innenwiderständen deutlich abhängig sind. Der Schluß von der Normalverteilung auf die Einheitlichkeit des Materials ist zwar nicht zwingend, wie KOLLER hervorhebt (1940, S. 149), doch hat das

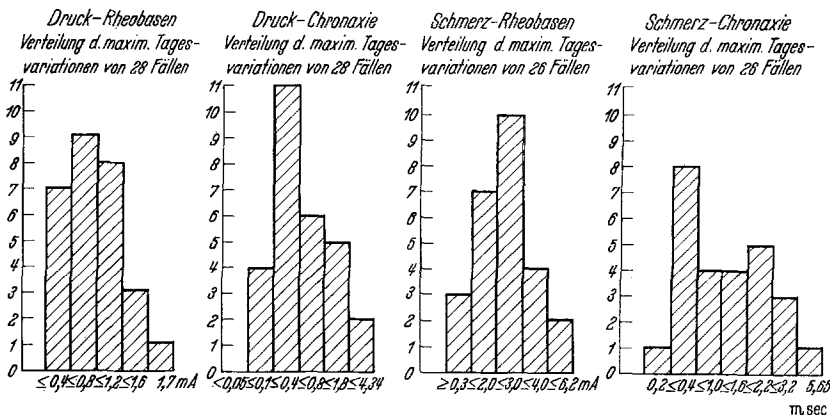


Abb. 4 gibt die mittleren relativen Tagesschwankungen unausgeglichen und nach rechnerischer Ausgleichung (durchgezogene Linien) wieder.

Bei den Druckrheobasen ist ein Maximum am frühen Nachmittage nur am Ende des Meßtages vorhanden, da am Beginn des Meßtages durch die vorausgegangene intensive Suche nach dem günstigsten motorischen Meßpunkt eine extreme kathodische Senkung des Hautwiderstandes unvermeidlich ist (siehe unten).

Die Spalten b und c stellen Häufigkeitsverteilungen der extremen Teilkollektive von a im Tagesgang dar. Die statistische Analyse der mittleren Tagesgänge (4a) ergab für die Druckwerte folgendes:

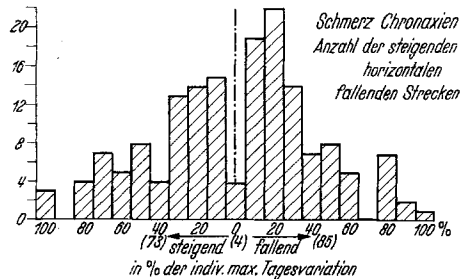
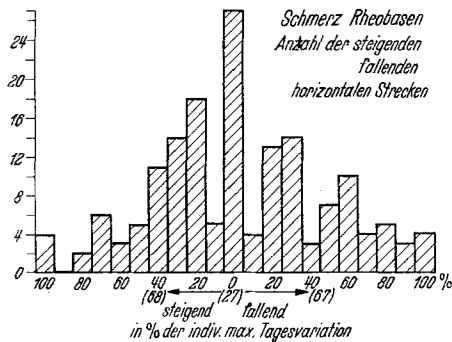
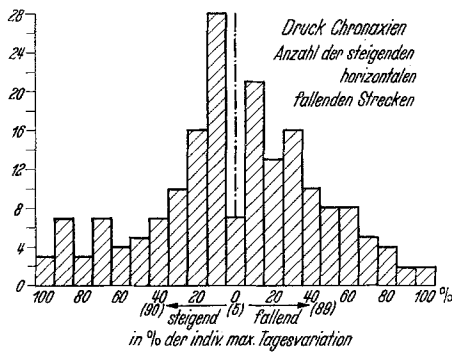
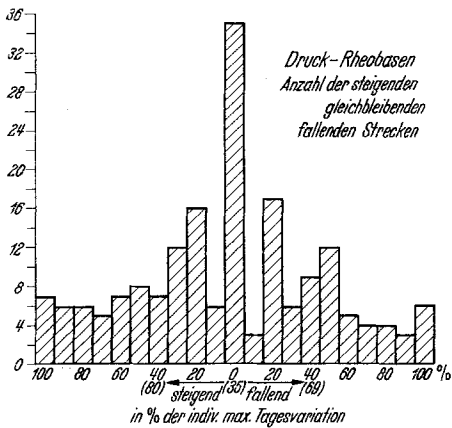
Die Differenz zwischen 21 Uhr und 3 Uhr beträgt das 4,38fache des mittleren Fehlers der Differenz (s. o.) (die Signifikanz liegt bei Berücksichtigung der Kollektivgröße bereits bei dem 3,34fachen Gamma-Wert), zwischen 3 Uhr und 11 Uhr das 4,6fache, zwischen 19 Uhr und 23 Uhr das 2,32fache, zwischen 11 Uhr und 13 Uhr das 2,4fache.

Der mittlere Tagesgang der Druckchronaxien ist dagegen statistisch nicht signifikant. Der Grund liegt in der ausgeglicheneren Verteilung der Minima und Maxima im Tagesgang (Abb. 4c).

Bei den Schmerzwerten beträgt die Differenz zwischen dem Maximum 19 Uhr und dem Minimum der Chronaxiekurve um 3 Uhr das 3,04fache des mittleren Fehlers der Differenz. Damit wird die Signifikanzgrenze von 0,27%, die bei $n = 26$ 3,31 beträgt, nicht ganz erreicht. Gleiches gilt für die Differenz zwischen 3 Uhr und 1 Uhr, die das 2,5fache des Fehlers der Differenz beträgt. Die Stetigkeit der Kurvenverläufe, die Gänge ihrer Extremkollektive (b, c) und die Gegensinnigkeit der Rheobasen und Chronaxiekurven erweisen unseres Erachtens aber dennoch die Regelmäßigkeit, bzw. Überzufälligkeit, des Tagesganges der Schmerz-Rheobase und -Chronaxie.

Bevor man bei der Betrachtung von Abb. 4 zu den Tagesgängen der Änderungsgrößen weitergeht, empfiehlt es sich, zuerst die *Häufigkeitsverteilungen der Änderungsgrößen* unter Vernachlässigung der Tageszeit in Abb. 3 durchzusehen. Die Änderungen sind wieder in Prozent der individuellen maximalen Tagesvariationen ausgedrückt. Geringe Änderungen sind häufiger als starke Änderungen, doch kommen alle Änderungsintensitäten vor. Der Unterschied zwischen Rheobasen und Chronaxien hinsichtlich der Null-Werte (keine Veränderung) ist ein Kunstprodukt, da bei geringen Rheobasenveränderungen, die innerhalb der Meßpunktstreuung lagen, die Stromschwelle der letzten Messung beibehalten worden ist. Auf die Ausgleichung dieses Fehlers, der bei Zusammenfassung der Nullwerte mit den $+10$ - und -10 -Werten verschwindet, konnte verzichtet werden.

Summiert man alle Änderungsklassen ohne Rücksicht auf das Vorzeichen, dann überwiegen bei geringen Änderungen die Chronaxien (0–10%), während bei großen Änderungen von 80–100% die Rheobasen überwiegen. Dies mag Zufall sein, wir halten es aber für wahrscheinlicher, daß der Unterschied auf die größere Empfindlichkeit der Rheobasen



auf Hautwiderstandsveränderungen zu beziehen ist. (Diagramm nicht abgebildet).

An Abb. 3 schließt Abb. 4d—e mit den Tagesgängen der Erregbarkeitswerte an. d_1 und d_2 stellen die ausgeglichenen Tagesgänge der mittleren Anstiegs- oder Abfallsintensität getrennt dar. d_3 resultiert aus der Summierung aller steigenden, fallenden und horizontalen Strecken unter Berücksichtigung des Vorzeichens. d_3 gibt damit die mittleren Disposition im Gesamtkollektiv zu bestimmten Änderungsgrößen und Richtungen wieder.

4e entstand aus der Summierung aller Änderungswerte ohne Rücksicht auf das Vorzeichen. Es wurde auf diesem Wege ein Maß für Labilität und Stabilität im Tagesgange, gemessen an großer und kleiner Änderungsneigung, geschaffen.

Die Flächen der hier aus Raumgründen nicht wiedergegebenen unausgeglichenen Zweistundenmittel in Säulenform sind ein Maß der gesamten Änderungsintensität. Sie wurden planimetrisch ermittelt. Die Druckrheobasen haben dabei eine deutlich größere Änderungsintensität als die Chronaxien. Das

Abb. 3. Häufigkeitsverteilungen der Erregbarkeitsveränderungen von Meßzeit zu Meßzeit in Prozent der individuellen maximalen Tagesvariationen.
(Durchschnittliche Meßintervalle 3 Std)

Verhältnis beträgt $97,6:70,1 \text{ cm}^2$ oder $1,39:1$. Bei den Schmerz-werten beträgt das entsprechende Rheobasen-Chronaxie-Ver-hältnis $73,8:69,1 \text{ cm}^2$ oder $1,07:1$.

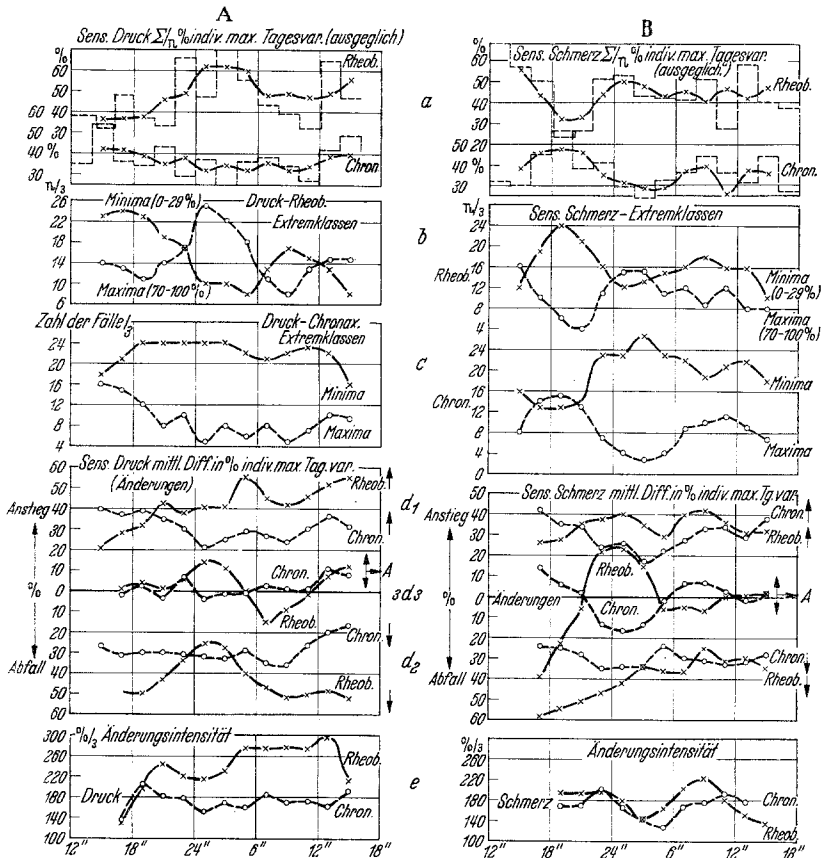


Abb. 4. Durchschnittliche Tagesschwankungen der Druck (A)- und Schmerz (B)-Erregbarkeit aus allen Fällen. *a* mittlere relative Tagesschwankungen. Unausgeglichener Tagesgang im gestrichelten Säulen. *b* und *c* Tagesgänge der Häufigkeit der individuellen Extremwerte. Sie geben die Dispositionen zu extremen Erregbarkeitslagen im Tagesgang wieder. *d* Tagesgänge der Änderungsgrößen von Meßzeit zu Meßzeit (s. Abb. 3). *d*₁ mittlere Gänge aus allen steigenden fallenden und gleichbleibenden Werten der einzelnen Parameter. *d*₂ mittlere Tagesgänge aller ansteigenden und abfallenden Werte. *e* Tagesgänge der Disposition zu Änderungen überhaupt (entstanden durch Summierung aller Änderungsgrößen ohne Rücksicht auf deren Richtung)

Meßzeitstreuung, Tagesvariation und Hautwiderstand

Um die angeführten Ergebnisse kritisch zu beleuchten, müssen die genannten Faktoren in ihren Beziehungen zueinander untersucht werden.

Die Häufigkeitsverteilung der mittleren maximalen Streuungen der einzelnen Meßzeiten in Prozent der individuellen maximalen

Tagesvariationen ist in Abb. 5 wiedergegeben. Der durch Schraffur hervorgehobene Fall Nr. 25 betrifft die einzige psychotische Versuchsperson unseres Materials, auf die in eigenem Zusammenhange eingegangen wird (siehe S. 243 ff.).

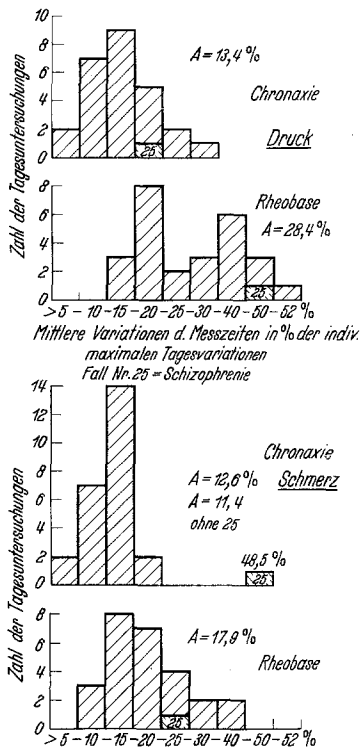


Abb. 5. Häufigkeitsverteilungen der durchschnittlichen maximalen Streuungen der einzelnen Schwellenbestimmungen jeder Meßzeit (maximale Meßpunktstreuungen) in Prozent der individuellen maximalen Tagesvariationen. Fall 25 s. S. 243ff.

Diese maximalen Meßpunktstreuungen sind im Verhältnis zu den maximalen Tagesvariationen nicht groß, zumal sie vom Mittelwert nur die Hälfte nach oben und unten betragen (z. B. bei den Chronaxien¹ rund 7% nach oben und unten). Vergewärtigt man sich dazu die Häufigkeitsverteilung der relativen Änderungen (Abb. 3), dann erkennt man, daß die mittlere Meßpunktstreuung zumeist beträchtlich kleiner ist als die spontane Erregbarkeitsänderung von Meßzeit zu Meßzeit. Vergleicht man die Streuungen von Rheobasen und Chronaxien in Abb. 5, dann fällt die breitere Streuung der ersten besonders bei den Druckwerten auf, was auf den Hautwiderstand zu beziehen ist (siehe unten).

Bei den Druckchronaxien sind die maximalen, absoluten Tagesvariationen so verschieden groß, daß Verzerrungen der Streuungsverhältnisse dadurch denkbar sind. Wir haben deshalb die durchschnittliche Meßpunktstreuung zusätzlich einmal nach Ausschluß der Fälle mit sehr

kleinen maximalen Tagesvariationen (Nr. 12, 16, 19) berechnet (12,8%) und zweitens nach Ausschluß der Fälle mit relativ großen maximalen Tagesvariationen (1, 2, 4, 11, 12, 16, 18, 19, 22, 24 li.) (= 13,3%). Die Werte

¹ An dieser Streuungsgröße könnte die von KROLL beschriebene elektrotroische Änderung der sensiblen Chronaxien beteiligt sein. KROLL fand, daß nach 10 min langer Kathodendurchströmung die Chronaxie der Druckpunkte auf das Doppelte, die der Schmerzpunkte fast um das Dreifache angestiegen war, ohne eindeutige Rheobasenänderungen. Der Kathelektrotonus wirkte sich gegensinnig aus. Die elektrotroischen Erregbarkeitsveränderungen, die PFLÜGER zuerst am motorischen Nerven beschrieben hat, bildete sich in 10 min nach Ende der Durchströmung wieder zurück (vgl. WALTARD u. WEBER).

dieser unterschiedlichen Teilkollektive liegen aber so dicht beieinander, daß sie gegenüber der gesamtdurchschnittlichen Meßpunktstreuung vernachlässigt werden können. Wir prüften schließlich, ob die *Meßpunktstreuungen* einen unabhängigen *Tagesgang* haben, sind aber auch bei Berücksichtigung der Hautwiderstände zu keinem beweisenden Resultat gekommen. Auf die Wiedergabe der entsprechenden Diagramme wird daher verzichtet. Man konnte jedoch, z. B. bei den Druck-Chronaxien, erkennen, daß die Meßpunktstreuungen besonders hoch lagen, wenn die mittleren Chronaxiewerte groß waren. Zufällige Schwankungen des mittleren Tagesganges, die ein Fehler der kleinen Zahl sind, wurden von den Meßpunktstreuungen mitgemacht.

II. Elektrischer Hautwiderstand und Chronaximetrie

Die Tagesuntersuchungen passiv-elektrischer Hauteigenschaften werden in einem eigenen Zusammenhange behandelt. Hier soll nur soviel vorweggenommen werden, als zur Sicherung der oben dargestellten Ergebnisse notwendig erscheint.

Wir haben mit einer Schaltung gearbeitet, die NETHELER entwickelt hat und die MAGUN (1949, 123) und BOCHNIK (1952, 102f., 1953, 127) schon kurz erwähnt haben. Sie beruht auf folgendem Prinzip: Rechteckförmige Gleichstromimpulse erfahren beim Durchgang durch die Haut eine charakteristische Verzerrung, die von deren passiv-elektrischen Eigenschaften (s. SCHAEFER I, 6ff., bes. auch 25ff.) abhängt. Diese Verzerrung kann durch eine Ersatzschaltung von Widerständen und einer Kapazität imitiert werden (LULLIES). NETHELER hat eine solche Ersatzschaltung mit regelbaren Widerständen und einer regelbaren Kapazität gebaut. Von 100 Reizimpulsen/sec wird jeder zweite durch das Modell, die anderen durch die Haut der Versuchsperson geschickt. Die Impulse werden auf einem Kathodenstrahloscillographen zu einem stehenden Bilde vereinigt, dann wird das Modell solange geregelt, bis es den Reizimpuls genau so verzerrt wie die Haut; d. h. bis beide Bilder sich decken. Die Regelgrößen des Modells stellen dann die Vergleichswerte für Hautwiderstände und -kapazität dar. (Reizimpulse: $100''':2$, 0,2 msec 1—2 Milliamp., Innenwiderstand des Impulsgenerators 10 k-Ohm. Ersatzschaltung: Kapazität von 0—100 000 pico-Farad in Stufen von 1000 pF regelbar. Kleiner Vorwiderstand von 0—1 k-Ohm, großer Parallelwiderstand von 0 bis 60 k-Ohm, beide stufenlos regelbar.) Die maximalen Tagesvariationen an den Meßpunkten vor den Erregbarkeitsuntersuchungen lagen ganz überwiegend zwischen 10 und 40 k-Ohm und zwischen 1000 und 10000 pF.

Eine eingehende Darstellung von Messungen unter verschiedenen Versuchsbedingungen, insbesondere nach Stellatumblockaden, die mit L. ROHDE durchgeführt worden sind, erfolgt an anderer Stelle.

Die hohe Polarisierbarkeit der Haut, die zwischen Elektrode und sensiblen Receptor liegt, führt, wie gesagt, zu einer starken Verzerrung des Reizimpulses, wenn man nicht besondere Vorsichtsmaßnahmen ergreift. So lädt ein rechteckförmiger Reizimpuls mit seinem Einsetzen den Hautkondensator auf; diese „Ladezacke“ trifft den Receptor, dann sinkt aber der Reizstrom exponentiell auf ein wesentlich niederes Niveau ab. Dadurch können die wechselnden Hauteigenschaften sich stark auf Rheobasen- und Chronaxiewerte auswirken. Die daraus folgenden kritischen Bedenken, die u. a. STROHL u. Mitarb., FABRES, EBBECKE und SCHAEFER

(II, 133ff., dort auch Literaturhinweise) gegen BOURGUIGNON erhoben haben, erscheinen daher sehr berechtigt. Zweifellos hat SCHAEFER recht, wenn er viele der beschriebenen Erregbarkeitsveränderungen, die unter verschiedenen Bedingungen beobachtet worden sind, auf Veränderungen der Hauteigenschaften bezogen hat.

Es gibt grundsätzlich 2 Möglichkeiten, den Hauteinfluß unschädlich zu machen: Erstens durch einen hohen Innenwiderstand des Reizgerätes, durch den man konstante rechteckförmige Reizimpulse erzwingen kann. Zweitens durch Maßnahmen, die die Polarisierbarkeit der Haut zerstören oder die zumindest ihren Widerstand stark herabsetzen. Nach EBBECKE genügt schon kräftiges Reiben, besser wirkt Sticheln der Haut oder Einstechen der Elektroden.

Bei der Messung der motorischen Erregbarkeit wurde nur mit hohem Innenwiderstand (über 400 k-Ohm) gereizt. Dagegen haben wir bei 13 von 28 Tagesgängen der sensiblen Erregbarkeit mit einem kleineren Innenwiderstand von 10 k-Ohm gereizt. Wegen dieser 13 Fälle ist eine kritische Beleuchtung der Ergebnisse erforderlich.

Wir haben in diesen Fällen, die bei hohem Innenwiderstand einen sehr kleinen Reizstrombedarf (unter 1 Milliamp.) hatten, den Innenwiderstand erniedrigt, um die gegebene Meßgenauigkeit besser ausnutzen zu können (bei sehr kleinen Stromstärken können sich die Kapazitäten der Zuleitungen störend auswirken). Durch größere Elektrodenflächen hätte man den Reizstrombedarf gleichfalls erhöhen können, uns ist aber wesentlich erschienen, alle Sensibilitätsprüfungen auf gleichgroßen Reizflächen durchzuführen (vgl. ACHELIS, WALTHARD u. WEBER u. a.).

Bei diesen 13 Fällen war die gleichzeitige Messung der passiv elektrischen Hauteigenschaften zur Beurteilung der chronaximetrischen Ergebnisse wichtig.

Der Hautwiderstand sinkt bekanntlich bei Durchströmung mit Gleichstrom unter Kathode, mit der auch gereizt wird, rasch exponentiell auf ein Minimum ab, so daß bei der unmittelbar nachfolgenden intensiven Reizung von 20 min Dauer zur Ermittlung der motorischen Erregbarkeit, nur noch geringfügige Widerstandsverminderungen auftreten konnten. Bei jeder neuen Meßzeit wurde somit eine Widerstandsverminderung erzeugt, die sich vorwiegend auf die Druck-Rheobasen (mit deren Messung immer begonnen worden ist) auswirken mußte. Dieses Absinken kann sich nur in einer Vergrößerung der Streuung der Einzelbestimmungen mit Zunahme größerer Werte auswirken. Tatsächlich zeigen die Druckrheobasen viel größere maximale Streuungen der Einzelmessungen innerhalb der einzelnen Meßzeiten als andere Parameter:

Die Meßpunktstreuung beträgt bei den Druck-Rheobasen im Mittel 28,2% der individuellen maximalen Tagesvariationen. (Bei den Druck-Chronaxien 13,5%, bei den Schmerz-Rheobasen 17,9% und bei den Schmerz-Chronaxien 12,65%.)

Bei einer Spaltung der Streuungsmittel nach zugehörigen Innenwiderständen zeigt sich bei den Druck-Rheobasen kein Unterschied. (1. Bei 10 k-Ohm = 28,4%, 2. bei 100 k-Ohm = 27,7%.) Die Folgen der getrennten Zweistundenmittel zeigen keine regelmäßigen Tagesgänge.

Hinsichtlich des Tagesganges der Erregbarkeitswerte führt dieses kathodische Absinken des Hautwiderstandes zu einer weitgehenden Ausschaltung des Tagesganges des Hautwiderstandes durch eine erhebliche Reduktion seiner maximalen Tagesvariation. Das kathodische Absinken ist um so ausgeprägter, je höher der Hautwiderstand vor der Reizung war. Es erfolgt somit eine Nivellierung des Tagesganges auf Variationen, die meist nur noch zwischen 5 und 10 k-Ohm liegen und oft noch darunter. Bei unserem Vorgehen ist eine wesentliche Verfälschung der Tagesgänge der Sensibilität durch wechselnde Hautwiderstandsveränderungen nicht anzunehmen. Soweit im Tagesgang konstante von Fall zu Fall aber unterschiedliche Hautverhältnisse die absoluten Meßwerte beeinflußt haben, wurden diese

Differenzen durch die Bildung von Relativwerten eliminiert. Um übersehen zu können, wieweit eine nennenswerte Beeinflussung des Tagesganges der Sensibilitäts-werte überhaupt in Betracht kommen kann, wurden die gleichzeitigen Veränderungen beider Größen miteinander verglichen („Streckenvergleich“). Bei den Haut-widerständen wurde von den Erstmessungen jeder Meßzeit ausgegangen, bei denen noch keine kathodische Senkung erzeugt worden ist. Damit sind die maximalen Tagesvariationen des Hautwiderstandes erfaßt, die sich voll allenfalls auf die

Tabelle 3. *Hautwiderstand (R) und sensible Rheobasen. Vergleich der absoluten gleich-zeitig gemessenen Werte hinsichtlich ihrer Veränderungen*
(In Klammern der prozentuelle Anteil, bezogen auf $n = 100\%$, abgerundet auf ganze Prozent)

| Vergleich 1 und 2 (bei ...) | gegenläufig | gleichläufig | unverändert 1 und 2 | unabhängig | | n |
|---|-------------|--------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----|
| | | | | 1 \nparallel , 2 = | 1 =, 2 \nparallel | |
| a) R-alle Rheo D + S bei 10 + 400 k-Ohm | 52 (27%) | 59 (31%) | 19 (10%) | 16 (8%) | 44 (23%) | 190 |
| b) R-alle Rheo D + S/10 k-Ohm | 29 (22%) | 37 (29%) | 17 (13%) | 10 (8%) | 36 (28%) | 129 |
| c) R-alle Rheo D + S/400 k- | 23 (38%) | 22 (36%) | 2 (3%) | 6 (10%) | 8 (13%) | 61 |
| d) R-D-Rheo 10 + 400 k- | 30 (32%) | 26 (28%) | 11 (12%) | 8 (8%) | 19 (20) | 94 |
| e) R-S-Rheo 10 + 400 k- | 22 (23%) | 35 (35%) | 8 (8%) | 8 (8%) | 25 (26%) | 96 |
| f) R-D-Rheo 10 k- | 17 (27%) | 16 (25%) | 9 (14%) | 5 (8%) | 16 (25%) | 63 |
| g) R-D-Rheo 400 k- | 13 (42%) | 10 (32%) | 2 (6%) | 3 (10%) | 3 (10) | 31 |
| h) R-S-Rheo 10 k- | 12 (18%) | 21 (32%) | 8 (12%) | 5 (8%) | 20 (30%) | 66 |
| i) R-S-Rheo 400 k- | 10 (33%) | (12 40%) | 0 — 0 | 3 (10%) | 5 (17%) | 31 |

Druck-Rheobasen auswirken, wenn man deren maximale Streuung in Betracht zieht (siehe oben). Ein starker Einfluß des Widerstandes auf die Rheobasen-Schwankungen ist nur bei gleichsinnigem Kurvenverlauf anzunehmen, wobei die Gleichsinnigkeit allein noch keinen ursächlichen Zusammenhang beweisen kann, denn viele Körperfunktionen haben gleiche tagesrhythmische Phasenlagen.

Um die Rolle des Hautwiderstandes klarer abzugrenzen, wurden die Vergleiche getrennt nach den Reizbedingungen durchgeführt. Falls der Hautwiderstand eine nennenswerte Rolle spielt, muß diese bei Reizungen mit 10 k-Ohm Innenwiderstand deutlicher sein als mit 400 k-Ohm.

In Tab. 3 ist neben der Anzahl der verglichenen Strecken der Prozent-Anteil, bezogen auf das n der Zeile in Klammern zum leichteren Vergleich der Zeilen hinzugefügt. In der Spalte „unabhängig“ bedeutet „1 \nparallel , 2 =“ daß der Hautwiderstand

sich seit der letzten Messung verändert hat, während die gleichzeitigen Rheobasen, im Vergleich zur vorangegangenen Meßzeit, gleich geblieben sind usw.

In der Zeile a ist die Summe aller 190 Vergleiche notiert. Gegenläufige und gleichläufige Veränderungen kommen bemerkenswerterweise fast gleich oft vor. Dagegen kommt es mehr als doppelt so oft vor, daß die Rheobasen sich bei gleichbleibenden Widerständen verändern, als dies umgekehrt der Fall ist. *Die Sensibilitätswerte schwanken im Tagesgang also lebhafter als die Hautwiderstände.*

In den Zeilen b und c sind die Werte der Zeile a aufgespalten nach Innenwiderständen, mit denen die Sensibilitätsuntersuchungen durchgeführt worden sind. Bei Messungen mit 10 k-Ohm sind gleichsinnige Veränderungen etwas häufiger als gegensinnige, während bei hohem Innenwiderstand beide Verhältnisse fast gleichläufig angetroffen wurden. Bei 10 k-Ohm-Messungen kommt es auch häufiger vor, daß die Rheobasen sich bei unveränderten Hautwiderstandswerten verändern.

Bei einer weiteren Aufspaltung des Materials zeigt sich, auf welche Komponenten diese Akzentuierungen zurückzuführen sind. Die leichte Bevorzugung gleichläufiger Veränderungen stammt vor allem von den Schmerz-Rheobasen/10 k-Ohm (Zeile h) her. Bei den Druck-Rheobasen sind gleich- und gegenläufige Verhältnisse praktisch gleich häufig.

Die starke Bevorzugung des Verhältnisses „Hautwiderstand unverändert, Rheobasen verändert“ ist eindeutig auf die 10 k-Ohm-Schaltung zurückzuführen (vgl. Zeile f und h mit g und i). Die Häufigkeit des Verhältnisses in dem beide Parameter unverändert bleiben („Horizontal 1 und 2“), ist gleichfalls auf die 10 k-Ohm-Schaltung zu beziehen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Trotz zahlreicher Arbeiten über chronaximetrische Sensibilitätsprüfungen und umfangreichen Diskussionen über Normalwerte wurde an die Möglichkeit spontaner Tagesschwankungen kaum gedacht. Als Voruntersuchung ist uns nur die Studie von JORES u. FREES über Tagesschwankungen der faradischen Schmerzerregbarkeit des Zahnes bekannt geworden.

Wir untersuchten die Tagesschwankungen der Hautsensibilität in 28 Meßreihen mit 211 Meßzeiten binnen 24 Std, die jeweils durch 10 bis 20 Schwellenbestimmungen der Rheobasen und Chronaxien definiert sind. Die Schmerzerregbarkeit wurde in 26 Tagesgängen mit 191 Meßzeiten untersucht.

Die *maximalen Tagesvariationen* (die Spanne zwischen den niedrigsten und höchsten Schwellenwerten binnen eines Tages bei einer Versuchsperson) zeigen bei allen 4 Parametern eine logarithmische Normalverteilung. Dies spricht für die Homogenität des Materials und für eine biologische Streuung. Dies verdient bei den großen individuellen Verschiedenheiten der Werte (vgl. Abb. 1 und 2) und der problemreichen Methodik hervorgehoben zu werden.

Die *Grenzwerte der Tagesvariationen* (Tab. 1) mögen eine der größten methodologischen Lücken schließen helfen. Sie erfordern um so dringlicher Beachtung, als die *Tagesschwankungen der einzelnen Versuchspersonen* sehr unterschiedlich hinsichtlich Stetigkeit und Phasenlage verlaufen

(im Gegensatz zu den regelmäßigeren 24 Std.-Schwankungen der Körpertemperatur). Man kann sich also nicht darauf verlassen, daß die Einhaltung einer bestimmten Tageszeit bei einer Untersuchungsreihe den Fehler der Tagesschwankungen eliminiert.

Die Analyse der *durchschnittlichen Tagesgänge* machte eine Umrechnung in Relativwerten erforderlich (individuelle maximale Tagesvariation = 100%). Die Änderungen der Erregbarkeit im Tagesgange wurde nach Errechnung der Differenzen aller zeitlich aufeinanderfolgenden Meßzeiten untersucht. Aufspaltungen in Teilkollektive mit extremen Erregbarkeitslagen bzw. -änderungen brachten weitere Aufschlüsse. Wir erhielten folgende Ergebnisse:

Die durchschnittlichen Tagesgänge (siehe Abb. 4a) zeigten bei den Schmerzparametern einen profilierten regelmäßigeren Verlauf als die entsprechenden Werte des Drucksinnes. Rheobasen und Chronaxien zeigten in den wesentlichen Merkmalen gegensinnige Tagesgänge, während die Gänge der jeweils gleichen Parameter der Schmerz- und Druck-Erregbarkeit Ähnlichkeiten aufwiesen. Die *Druck- und Schmerzrheobasen* wiesen im Mittel ein nächtliches Maximum und zwei Minima am frühen Abend und am Vormittag auf. Ein zweites Maximum lag am frühen Nachmittag.

Die Tagesgänge der *Chronaxien* verliefen wie gesagt in groben Zügen gegensinnig zu den Rheobasen. Die Schmerz-Chronaxien wiesen dabei den stetigsten und profiliertesten Tagesgang mit 2 Maxima am frühen Abend und am Vormittag, sowie einem nächtlichen und einem spätnachmittäglichen Minimum auf.

Die tageszeitlichen Dispositionen der sensiblen Erregbarkeit ließen sich durch die isolierten *Häufigkeitsverteilungen der Extremklassen im Tagesgang* eindeutiger darstellen als durch die Folge von Gesamtmitteln. (Als Maxima wurden die Relativwerte zwischen 70 und 100%, als Minima die zwischen 0 und 29% verrechnet.) Minima bedeutet dabei einen geringen Strom- und Zeitbedarf, also eine diesbezüglich maximale Erregbarkeit. Für die Maxima gilt das Umgekehrte.

Daraus folgt schon, daß man auch hinsichtlich spontaner Tagesschwankungen von „der Erregbarkeit“ nur im unbestimmten Sinne sprechen kann; denn wenn sie hinsichtlich der Rheobasen hoch ist, ist sie hinsichtlich der Chronaxien niedrig.

Die relativen *Änderungen* der sensiblen Erregbarkeitsgrößen von Meßzeit zu Meßzeit wurden eingehender untersucht:

Ihre Häufigkeitsverteilungen ähnelten Gaußschen Normalverteilungen, in denen geringe Veränderungen häufiger als starke waren, praktisch aber alle Änderungsintensitäten von 0 bis 100% vorkamen. Die *Tagesgänge der Änderungsintensitäten* wurden, summarisch und in Teilkollektive aufgelöst, dargestellt. Bei den Rheobasen fanden wir ein starkes Überwiegen

von Anstiegen in der Nacht und ein geringes in der Mittagszeit. Absinken war dafür in den frühen Abendstunden und am Vormittag relativ häufiger.

Auch hier verhielten sich Rheobasen und Chronaxien in groben Zügen gegensinnig.

Die *Summe aller Änderungen* ohne Rücksicht auf deren Richtung ergab als ein *Maß der Labilität* folgendes: Bei der Druck-Erregbarkeit war die gesamte Änderungsintensität bei den Rheobasen rund 30% größer als bei den Chronaxien, während die der Schmerz-Parameter praktisch gleichgroß waren.

Diese gesamten Änderungsintensitäten zeigten im Mittel tageszeitliche Unterschiede (Abb. 4e). Bei den Druck-Rheobasen war eine leichte Anstiegstendenz vom Beginn zum Ende des Meßtages festzustellen. Eine Minderung der gesamten Änderungsintensität war mehr oder weniger deutlich bei allen 4 Sensibilitätsparametern in den frühen Morgenstunden zu finden. Ausgeprägte Maxima zeigten die entsprechenden Schmerzwerte am Vormittage. Die Tagesgänge der Druck-Werte, insbesondere für Chronaxien, zeigten demgegenüber unregelmäßigere Streuungen.

Die *maximalen Streuungen* der einzelnen Schwellenbestimmungen innerhalb einer Meßzeit (in Prozenten der individuellen maximalen Tagesvariationen) wurden untersucht (Abb. 5).

1. Die durchschnittlichen maximalen Meßpunktstreuungen betrugen für die Chronaxien knapp 14%, für die Schmerz-Rheobasen fast 18%, für die Druck-Rheobasen aber 28%. Dieser relativ hohe Wert wurde auf den Einfluß des Hautwiderstandes zurückgeführt (s. u.).

Die Häufigkeitsverteilungen der Streuungen waren bei den Chronaxien gebündelter als bei den Rheobasen, was mit den bekannten unterschiedlichen Schwierigkeiten der Schwellenbestimmungen übereinstimmt. Die halben maximalen Streuungswerte entsprechen den maximalen Abweichungen vom Mittelwert. Diese sind, gemessen an den Tagesschwankungen also relativ gering.

2. Bei den Streuungen ließen sich keine regelmäßigen Tagesgänge nachweisen.

3. Bei dem Vergleichsmaterial fallen die Meßpunktstreuungen der Schmerzchronaxien einer schizophrenen Patientin, die an haptischen und akustischen Halluzinationen litt (durchschnittlich 48,5%) völlig heraus (s. die folgende Mitteilung S. 243ff).

Die *Beziehungen des Hautwiderstandes zu den Schwellen der sensiblen Erregbarkeit* wurden untersucht:

Es zeigte sich, daß die *Tagesgänge des Hautwiderstandes* durch die kathodische Senkung infolge der Reizimpulse der immer vorausgeschickten motorischen Untersuchung weitgehend *nivelliert* und damit unschädlich gemacht worden sind.

Der Hautwiderstand wirkte sich relativ am stärksten auf die Druck-Rheobasen aus, im Sinne einer Vergrößerung der Streuung.

Die Änderungen zeitlich zusammengehöriger Werte des Hautwiderstandes und der Rheobasen bei jeder einzelnen Versuchsperson wurden nach den Reizbedingungen (hohem und niederem Innenwiderstand des Reizgerätes) getrennt verglichen.

Gleichsinnige Änderungen von Rheobasen und Hautwiderständen waren besonders bei Reizungen mit 10 k-Ohm etwas häufiger als gegensinnige Änderungen, bei insgesamt nur geringfügigen Unterschieden.

Zusammenfassung

Es wurden spontane 24 Std-Schwankungen der cutanen Druck- und Schmerzerregbarkeit chronaximetrisch untersucht. Die maximalen Tagesvariationen, die mittlere Tagesperiodik und die Weisen der Erregbarkeitsänderungen wurden analysiert, dazu der Einfluß des Hautwiderstandes geprüft.

Literatur

- ACHELIS, J. D.: Der Schmerz. Z. Sinnesphysiol. **56** (1925). — Die Physiologie der Schmerzen. Nervenarzt **9**, 559 (1936). — Sensible Chronaxieveränderungen bei Belichtung der Haut. Pflügers Arch. ges. Physiol. **226**, 212 (1930). — ABUREL, E., et M. KAPRI: Recherches sur la sensibilité viscerale. La chronaxie sensitive du nerf présacré. Acad. Sci. C. R. (Paris) (1932) 812. — ALTENBURGER, H.: Sensible Chronaxie. Verh. Dtsch. Ges. Nervenärzte 1933, 47, 97. Vogel, Berlin. — AUBRY, M., et H. BARUK: Les troubles vestibulaires dans la catatonie et hébéphrénocatatonie. Ann. Mal. Oreil. Larynx **48**, 138 (1929). — AUERSPERG, A., u. J. STEIN: Experimenteller Beitrag zur Frage des Reizobjektes der chronaximetrischen Prüfung der Hautsensibilität. Dtsch. Z. Nervenheilk. **131**, 236 (1933). — BERINGER, K., u. H. RUFFIN: Sensibilitätsstudien zur Frage des Funktionswandels bei Schizophrenen, Alkoholikern und Gesunden. Z. Neur. **140**, 604 (1932). — BOCHNIK, H. J.: Über Tagesschwankungen zentralnervöser und autonomer Funktionen. Acta med. scand. Suppl. **278**, 122 (1953) (Vortrag 1949). — Schmerz und Tagesrhythmik. Acta med. scand. Suppl. **307**, 142 (1955) (Vortrag 1953). — Tagesrhythmen nach halbseitiger präfrontaler Leukotomie. Dtsch. Z. Nervenheilk. **168**, 95 (1952). — Befinden, vasomotorische Kopfschmerzen und Tagesperiodik. — Spontane Tagesschwankungen der neuromuskulären elektrischen Erregbarkeit. — Tagesschwankungen der muskulären Leistungsfähigkeit. Dtsch. Z. Nervenheilk. **178** (1958). — BOURGUIGNON, G.: Les chronaxies sensibles cutanées. Z. Neurol. **148**, 83 (1933). — Interpretation des sensibilités thermiques et douloureuses à l'aide des chronaxies sensibles cutanées normales et de leur variations dans la syringomyelie. C. R. Acad. Sci. (Paris) **197**, 792 (1933). — BREIG, ALF: Integration linearer kutaner Schmerzreize. Stuttgart: Thieme 1953. — DUSSEY DE BARENNE, J. G.: L'influence du système nerveux autonome sur la sensibilité de la peau. J. Psychol. norm. path. **28**, 174 (1931). — EBEBECKE, U.: Über die elektrische Erregbarkeitsprüfung am Menschen. Z. exp. Med. **50**, 258 (1926). — Über Rheobase und Chronaxie. Dt. med. Wschr. **1926** II, 1590. — Über das Nervenschwimmen bei Reizung sensibler Nerven. Pflügers Arch. ges. Physiol. **197**, 482 (1923). — FABRE, PH.: Constante linéaire et Chronaxie. Une nouvelle méthode d'électrodiagnostic. J. Radiol. Électrol. **12**, 49 (1928). — FOERSTER, O., H. ALTENBURGER u. F. W. KROLL: Über die Beziehungen des vegetativen

Nervensystems zur Sensibilität. *Z. Neurol.* **121**, 139 (1929). — Leitungsbahn des Schmerzgefühls. Berlin 1927. — FREY, M. v.: Die Tangoreceptoren des Menschen. *Bethes Hdbch. d. normalen u. pathol. Physiologie*, Bd. **11**, T. 1, S. 94, 1926. — FULTON, J. F.: *Physiologie des Nervensystems*. Stuttgart: Enke 1952. — GOLDSCHIEDER, H.: *Das Schmerzproblem*. Berlin 1920. — GOTTSCHICK, J.: *Die Leistungen des Nervensystems*. Jena: Fischer 1955. — HEAD, H.: *Die Sensibilitätsstörungen der Haut*. Berlin: Hirschwald 1898. — HEINRICHS, S.: Über die elektrische Erregbarkeit der sensiblen Hautnerven bei perkutaner und intrakutaner Prüfung. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **131**, 191 (1933). — JÖRES, A., u. J. FREES: Die Tagesschwankungen der Schmerzempfindung. *Dtsch. med. Wschr.* **1937**, 962. — JUNG, R.: *Allgemeine Neurophysiologie und neurophysiologische Untersuchungsmethoden*. Hdbch. innere Med. V, 1. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1953. — ISHIKAWA, N.: Beziehung zwischen Stromstärke und Stromdauer bei Schmerzempfindung. *Mitt. d. Med. Ges. Tokyo* **43**, 1479 (1929). — KLEIN, K. E.: Die sensible Chronaxie in der Klinik. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **176**, 25—39 (1957). — KOLLER, S.: *Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen*. Darmstadt: Steinkopf 1953. — KROLL, F. W.: Elektrotonische Erregbarkeitsänderungen der cutanen Sensibilität. *Z. Neurol.* **122**, 625 (1929). — Sensible Chronaxieveränderungen an Bleiarbeitern. *Z. Neurol.* **141**, 141 (1932). — LULLIES, H.: Über „Reizgesetze“ und unsere Vorstellungen von den Vorgängen bei der Erregung des Nerven. *Ergebn. Physiol.* **47**, 1 (1952). — Methoden zur Messung des Widerstandes der Polarisation von Geweben. Hdbch. biol. Arbeitsmeth. V, 5 A Lfg. 391, S. 1171. Berlin 1936. — MAGUN, R.: Beitrag zur Methodik der elektrischen Sensibilitätsuntersuchungen. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **161**, 121 (1949). — MARINESCO, G., u. A. KREINDLER: Chronaximetrische Untersuchungen über die Hautsensibilität des Menschen. *Z. Neurol.* **149**, 419 (1934). — MÜLLER, H. R.: Über die klinische Bedeutung der Chronaxie. Würzburg: Becker 1933 (Habilitationsschrift). — NEFF, W., u. M. M. DALLENBACH: The Chronaxie of pressure and pain. *Amer. J. Psychol.* **48**, 632 (1936). — PRADINES, M.: Philosophie de la Sensation. II. La sensibilité élémentaire (Les sens primaires). Paris: Les Belles Lettres 1934. — SCHAEFER, H.: *Elektrophysiologie*. I/II. Wien: Deuticke 1940/42. — SCHRIEVER, H.: Untersuchungen über die elektrische Erregbarkeit der Sinnesnerven. I. Die Einheit der Reizgesetze. II. Der Zeit- und Stärkebedarf. III. Zur Frage des Isochronismus zwischen sensiblen und motorischen Nerven. *Z. Biol.* **90**, 347—396 (1930). — SCHWEITZER, A.: *Die Irradiation autonomer Reflexe*. Basel: Karger 1937. — SKRAMLIK, E. v.: *Psychophysiologie der Tastsinne*. Leipzig 1937. *Arch. Ges. Physiol. Erg.* Bd. 4. — STEIN, H.: Untersuchungen über die Chronaxie der Sensibilität. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **100**, 221 (1927). — Elektrophysiologische Untersuchungen d. Sensibilität. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **101**, 268 (1928). — WALTHARD, K. M., u. A. WEBER: Zur Chronaximetrie der normalen Hautsensibilität des Menschen. *Z. Neurol.* **140**, 67 (1932). — WALTHARD, K. M., u. H. SPÖRRI: Über die Beeinflussung der sensiblen Chronaxie durch Lichtstrahlen verschiedener Wellenlängen. *Z. ges. phys. Ther.* **42**, 212 (1932). — WEIZSÄCKER, V. v.: Zur Klinik des Schmerzes. *Nervenarzt* **9**, 555 (1936). — Untersuchung der Sensibilität. Hdbch. Neurol. BUMKE-FÖRSTER, III, 701 (1937).

Doz. Dr. H. J. BOCHNIK, Psychiatrische und Nervenkl. der Universität;
Hamburg 20, Martinistr. 52