

(Aus der Medizinischen Klinik der Universität Freiburg i. Br.)

Über die Bestimmung der Strahlungsfläche des Menschen aus seiner elektrischen Kapazität.

Von

Fritz Bandow und Helmuth Bohnenkamp.

Mit 1 Textabbildung.

(Eingegangen am 14. August 1935.)

(Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.)

Von den Einzelposten, aus denen sich die Energieabgabe des ruhenden Menschen zusammensetzt — Strahlung, Leitung und Konvektion, Wasserverdampfung — ist die Strahlung der größte¹.

Ihre Bestimmung wurde in den ersten beiden Mitteilungen über dieses Gebiet gemeinsam mit *Ernst*² versucht, ihr Anteil an der gesamten Energieabgabe zu etwa $\frac{3}{5}$ gefunden. Bei der rechnerischen Auswertung ist uns damals ein Fehler unterlaufen, auf den *Hardy*³ aufmerksam machte. Worin bei den zugehörigen Messungen, die schon vor 6—8 Jahren durchgeführt wurden, der Fehler lag, läßt sich mit Sicherheit nicht mehr feststellen. Es ist zu vermuten, daß er bei der Eichung des Gerätes lag. In seinen Folgen ist er glücklicherweise ohne Bedeutung gewesen, da *Hardy* in seinen Versuchen mit offenbar einwandfreiem Verfahren unter Eichung mit einem *Leshieschen* Würfel die gleiche Strahlungsabgabe des Menschen fand wie wir. Weitere Untersuchungen zu diesen Fragen sind ins Auge gefaßt, benötigen aber noch längere Zeit zur Durchführung.

Nach dem *Stefan-Boltzmannschen* Gesetz ist die Strahlung proportional der „Strahlungsfläche“. Diese fällt nicht zusammen mit den üblichen Flächenbeträgen, wie sie z. B. nach *Du Bois* ermittelt werden. Die Gesamtheit dieser Fragen wurde schon früher eingehend erörtert⁴. Dabei wurde auch ein einfaches Meßverfahren für die Strahlungsfläche entwickelt; sie ergibt sich aus der elektrischen Kapazität des untersuchten Körpers nach der Beziehung:

$$O_w = 4 \pi \cdot C^2 \text{ [cm}^2\text{]}.$$

Darin bedeutet O_w die wirksame Oberfläche (Strahlungsfläche) und C die elektrostatische Kapazität. C wird elektrometrisch bestimmt⁵: durch Berührung mit dem Pol einer Batterie wird dem Meßsystem die Spannung V erteilt; durch Zuschalten einer vorher geerdeten, bekannten Kapazität C' geht sie auf V' zurück; dann ergibt sich die Kapazität des Meßsystems aus folgender Formel:

$$C_{\text{mess}} = \frac{V \cdot (C' + B)}{V - V'}$$

B = Kapazität der Zuleitung vom Zuschaltkondensator zum Meßsystem.

¹ Zusammenfassende Darstellung: *H. Bohnenkamp*: Erg. Physiol. **34**, 848 (1932).
² *Bohnenkamp, H. u. H. W. Ernst*: Pflügers Arch. **228**, 40, 63 (1931). — ³ *Hardy, J. D.*: J. clin. Invest. **13**, 593 (1934). — ⁴ *Bohnenkamp, H. u. W. Pasquay*: Pflügers Arch. **228**, 79 (1931). — ⁵ Es kann auch die Meßweise von *F. Harms* angewandt werden. Physik. Z. **5**, 47 (1904).

Diese Bestimmung wird gesondert durchgeführt für die leere Meßanordnung einschließlich des isolierten Standschemels und für die ganze Anordnung mit Versuchsperson auf dem Schemel. Im folgenden wird über eine erneute Durchprüfung des Verfahrens berichtet, da in der früheren Untersuchung noch nicht alle Einflüsse voll berücksichtigt worden sind.

Damals wurde von *rechnerischen Beispielen* zur Prüfung der Grundlage des Verfahrens ausgegangen. Hierzu wurde die Kreisplatte und die Kugel gewählt. Bei diesen Körpern fällt die leicht berechenbare geometrische Oberfläche mit der Strahlungsfläche zusammen. Es wird jetzt ein weiteres Beispiel hinzugefügt, da bei verwickelten Körpern mit ungleichmäßiger Verteilung der elektrischen Ladung die Kapazität nicht mehr allgemein berechnet werden kann, worauf schon in der ersten Arbeit hingewiesen wurde: Bei einem *Rotationsellipsoid* werden geometrische Oberfläche und Strahlungsfläche übereinstimmen, da es sich um einen konvexen Körper handelt. Für das verlängerte Rotationsellipsoid ist die Oberfläche

$$O = 2 \pi b \left(b + a \frac{\arcsin \varepsilon}{\varepsilon} \right) * \quad (1)$$

a = große, b = kleine Halbachse, ε = Exzentrizität.

Die Kapazität wird nach folgender Formel errechnet:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{\sqrt{a^2 - b^2}} \operatorname{Icnat} \frac{a + \sqrt{a^2 - b^2}}{b} ** \quad (2)$$

oder mit gleichem Ergebnis nach:

$$C = \frac{2 a \varepsilon}{\operatorname{Icnat} \frac{1 + \varepsilon}{1 - \varepsilon}} *** \quad (3)$$

Vergleichen wir die Oberflächen miteinander, wie sie sich einerseits aus der geometrischen Gleichung ergeben, andererseits nach $4 \pi C^2$ aus der Kapazität, so bekommen wir zunächst bei nicht stark verschiedenen Halbachsen übereinstimmende Werte; bei a:b = 2 eine Abweichung von etwa 1%, bei a:b = 2,5 etwa 2,5% usw. steigende Abweichungen in dem Sinne, daß die elektrisch berechnete Oberfläche größer ausfällt als die geometrische, wobei es nicht von entscheidender Bedeutung ist, wie weit etwa bei der Ableitung dieser Gleichungen vereinfachende Annahmen gemacht sind.

Betrachtet man zur Prüfung äußerste *Grenzfälle*, so ergibt sich für einen *endlichen geraden Draht* eine erhebliche Abweichung von der angesetzten Beziehung, und zwar in systematischer Abhängigkeit von den Abmessungen des Drahtes, die sich anschließt an das besprochene

* *Mangoldt, H. v.*: Einführung in die höhere Mathematik III, 313, 1914.

** *Kohlrausch, F.*: Lehrbuch der praktischen Physik, 14. Aufl. S. 629, 1923.

*** *Chwolson, O. D.*: Lehrbuch der Physik, IV, S. 94, 1925 (2. Aufl., Herausgeb. G. Schmidt).

Ergebnis bei gestreckten Rotationsellipsoiden. Obgleich für die Messung der menschlichen Strahlungsfläche Grenzverhältnisse dieser Art nicht in Betracht kommen, wollen wir die Gleichung hier doch anführen. Für die Kapazität eines endlichen geraden Drahtes gilt:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{a} \operatorname{lg} \operatorname{nat} \frac{2a}{b} \text{ (Kohlrausch, a. a. O.)}$$

Wesentlich ist, daß die Kapazität bei festgehaltener Länge a in logarithmischer Weise mit dem Radius b abnimmt. Sie sinkt z. B. bei Übergang von $b = a/1000$ zu $b = a/10\,000$ um rund 23 %, die daraus berechnete Oberfläche also um 41 %. Die geometrische Oberfläche aber, die mehr und mehr sich auf den Zylindermantel beschränkt, nimmt vollproportional mit b ab, in unserem Beispiel also auf $1/10$ bzw. um 90 %. Wenn b gegenüber a kleiner wird, steigt also das Verhältnis der elektrisch berechneten Oberfläche zur geometrischen ständig an, wie sich dies oben in geringerem Umfang schon für das Rotationsellipsoid ergab.

Auch für das abgeplattete Rotationsellipsoid finden wir entsprechende Gleichungen (a. a. O.). Hier führt der Grenzübergang zur Kreisscheibe. Es ist daher verständlich, daß sich keine größeren Unterschiede zwischen der geometrischen und der über die Kapazität berechneten Oberfläche finden; die Abweichungen liegen übrigens in entgegengesetzter Richtung.

Für die experimentelle Bestimmung der Kapazität sind die besonderen Schwierigkeiten hervorzuheben, die von den Umgebungsverhältnissen herrühren. Für einen so großen Körper, wie ihn der Mensch darstellt, ist der *kapazitätserhöhende Einfluß der Wände* bedeutend. Er muß auf einem besonderen Umweg berücksichtigt werden, wie gleich noch gezeigt wird. In den gewöhnlichen Gebäuden gibt es keine Räume, die groß genug sind, um den Wandfehler so klein zu halten, daß er gegen die sonstige Fehlerbreite verschwindet. Das gilt sogar dann, wenn wir den Meßkörper inmitten des Raumes aufhängen würden, wie es auch für den Menschen technisch ausführbar sein müßte. Trotzdem ist es selbstverständlich ratsam, zur Messung einen möglichst großen Raum zu wählen.

Den Einfluß der Umhüllung rechnen wir am einfachsten an Hand der bekannten Formel für einen *Kugelkondensator* nach:

$$C = \frac{r_1 \cdot r_a}{r_a - r_1}$$

r_a, r_1 = Radien der äußeren bzw. der inneren der konzentrischen Kugeln; r_a ist geerdet.

		Kapazität eines Kugelkondensators.										
r_a/r_1		1,5	2	3	4	5	7	10	20	50	100	1000
Kapazität		3,0	2,0	1,5	1,33	1,25	1,17	1,11	1,05	1,02	1,01	1,001
(Einheit: r_1 cm)												

		Zahlenbeispiel für eine Innenkugel von 25 cm Radius							
r_a	(cm)	50	100	150	200	250	500	750	1000
Kapazität	(cm)	50	33,3	30	28,6	27,7	26,3	25,8	25,6

Es wird also eine Kugel von 25 cm Radius inmitten eines konzentrisch darum gelegten Kugelraumes eine gegenüber dem unbeeinflussten Wert zu hohe Kapazität zeigen, und zwar um 11% zu hoch bei 5 m Durchmesser, 5% zu hoch bei 10 m und noch 2,4% zu hoch bei 20 m Durchmesser des Außenraumes; für die daraus zu berechnenden Oberflächen werden die Fehler wegen der quadratischen Beziehung doppelt so groß.

Eine zweite Schwierigkeit für die Messung liegt darin, daß die Zuschaltung eines Körpers einer bestimmten Kapazität zu der ganzen Anordnung nicht eine entsprechende Erhöhung der Gesamtkapazität ergibt, sondern eine geringere. Zunächst ist hier unmittelbare *Überdeckung* zu beachten. Die Standplatte (vgl. Abb. 2 in der früheren Arbeit) zeigt im Leerversuch eine bestimmte Kapazität, die beim Aufstellen des Menschen oder eines Probekörpers zum größten Teil in Wegfall kommt, weil sie jetzt gleichsam ein Stück der Bodenfläche des Körpers darstellt.

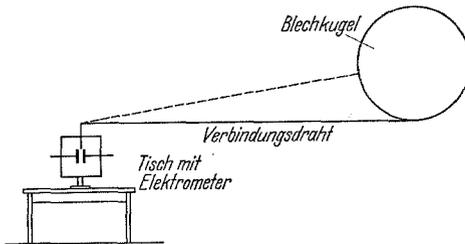


Abb. 1.

Dazu kommt gegenseitige *Ab-schirmung* (Ausbildung von Einbuchtungen, Konkavitäten), besonders zwischen Versuchskörper und Verbindungsdraht zur Meßstelle¹. Als Beispiel sei erwähnt, daß sich für eine große Blechkugel bei Drahtzuführung zu einem Pol ein etwas geringerer Kapazitätsbetrag ergab als bei

Drahtzuführung zum Äquator (in der Skizze gestrichelt). Die schematische (nicht maßstabsgetreue) Skizze veranschaulicht die Führung des Verbindungsdrahtes zwischen Elektrometer und Blechkugel.

Diese Einflüsse sind in ihrer zahlenmäßigen Auswirkung kaum zu bewerten. Wir haben deshalb eine *Eichung mit großen Probekörpern von berechenbarer Strahlungsfläche* vorgenommen. Es war eine große Kugel von 52 cm Durchmesser, ferner einige Blechzylinder, bis zu 187 cm hoch. Die Eichung liefert einen Faktor, mit dem die gemessene Kapazität zu multiplizieren ist, um den für die Oberflächenberechnung benötigten Wert zu erhalten. Da der Wandeinfluß überwiegt, liegt der Faktor unter *Eins*; er nimmt ab mit zunehmender Körperhöhe; dies hängt im einzelnen von den Raumverhältnissen ab. Der Gang des Faktors mit zunehmender Höhe des Eichkörpers bzw. der Versuchsperson wird in großen und hohen Räumen bei großer Gestellhöhe weniger stark. Leider stand uns für die Mehrzahl unserer neuen Messungen das große, bei der ersten Untersuchung benutzte Atelier nicht mehr voll zur Verfügung, da inzwischen einige beengende, nicht wieder entfernbare Apparaturen eingebaut waren. Zur Veranschaulichung sei erwähnt, daß bei uns der Faktor für 140 cm Körperhöhe 0,90 und für 180 cm 0,84 betrug. Ver-

¹ Diese Wirkung muß bei Wahl eines recht dünnen Drahtes geringer werden.

schiedene Dicke der Eichgefäße machte sich in dem Maße, wie es für Menschen in Frage kommt, innerhalb der Gesamtfehlerbreite nicht deutlich bemerkbar.

Einige Bestimmungen konnten wir in einem *besonders großen Raum* im Rohbau der neuen Würzburger Frauenklinik ausführen, ferner eine große Versuchsreihe auf dem hochgelegenen *Flugplatz* auf dem Galgenberg¹. Diese Messungen waren uns für die Klärung der Grundlagen des Verfahrens sehr wertvoll. Es war möglich, den Abstand zwischen Isolierschemel und Ablesetisch stark zu vergrößern (im Freien gingen wir bis auf 9 m); ferner konnte untersucht werden, welchen Einfluß die Annäherung einer Wand (Blechtafel!) und Änderungen in der Beschaffenheit und Höhe des Gestelles haben. Diese Versuche bilden die Grundlage für unsere schließlich in größeren Reihen durchgeführte Meßweise. Unter anderem verwandten wir ein *besonders hohes Gestell*, bei dem die Standplatte mehr als 2 m über dem Boden lag². Es war aus Eisenstangen zusammengesetzt und wurde zur Isolation gegen den Erdboden mit kräftigen Porzellanfüßen versehen, konnte aber auch geerdet werden. Dieses Gestell hat sich nicht bewährt; denn für die Messung stören entweder die Erdnähe³ oder — bei isoliertem Gestänge — Influenzwirkungen. Im ganzen lehrten diese Versuche in Übereinstimmung mit allgemeinen Überlegungen, daß die gesuchten einfachen Verhältnisse, vor allem Unabhängigkeit von Wandeinflüssen, auch im Freien grundsätzlich nicht zu finden sind. Das Kraftfeld um die Versuchsperson ist sehr ungleichmäßig und doch stark bestimmt durch den Erdboden, der nicht in genügende Entfernung gerückt werden kann, und besonders durch das Erdfeld. Übrigens wären die Umgebungseinflüsse auch bei etwaigen Ballonversuchen nicht zu vermeiden, auch nicht, wenn man die Aufladung der Versuchskörper ohne metallische Verbindung mit einer Elektrizitätsquelle erstrebt (z. B. durch radioaktive Strahlung).

Von den Messungen mit Metallkörpern sei noch kurz ein Befund erwähnt, der zur Stützung des Grundgedankens dieses Verfahrens wichtig ist: für den schon in der früheren Arbeit verwandten *Probekörper mit starker Einbuchtung* (a. a. O. S. 84) wurde ein den einspringenden Kegel innen abschließender *Deckel* angefertigt. Die Messung ergab mit und ohne diesen Deckel praktisch denselben Kapazitätswert, eine Tatsache, die für die Brauchbarkeit des Kapazitätsverfahrens zur Oberflächenbestimmung spricht.

Nach verschiedenen Prüfungen kamen wir zu folgenden Forderungen für die *Gestaltung des Gestells*:

Es ist möglichst frei von leitenden Stoffen zu halten; dabei ist auch sehr auf gutes Isolationsvermögen der oberen, körpernahen Abschlußplatte zu achten, da sich sonst eine Kapazitätserhöhung ergibt, die durch Änderung des Abstandes zwischen Prüfkörper und Platte erkennbar ist. Den früher beschriebenen und abgebildeten Dreifuß (a. a. O. S. 87) behielten wir bei, jedoch unter Erhöhung auf 106 cm. Mit weiterer Erhöhung nimmt die gemessene Kapazität nur noch so wenig ab, daß wir für die Versuche an Menschen davon abgesehen haben; auch die jetzt gewählte Höhe ist manchen Versuchspersonen, besonders Frauen schon unangenehm. Als Fußplatte wählten wir eine Hartgummischeibe.

¹ Dem damaligen Leiter der Würzburger Fliegerschule, Herrn Major *Ritter von Greim*, sind wir für die Ermöglichung dieser Messungen zu Dank verpflichtet.

² Außer den Probekörpern konnten mit diesem Gestell nur an schwindelfreien Versuchspersonen Kapazitätsbestimmungen durchgeführt werden. Die Messungen im Freien können übrigens durch atmosphärische Störungen beeinträchtigt werden.

³ Als Zahlenbeispiel für den Einfluß der Erdung des Gestänges sei erwähnt, daß dadurch die Kapazität der großen Kugel um fast 40 v. H. erhöht wurde.

Tabelle I. Männer.

Versuchs- person	Alter in Jahren	Gewicht in kg	Größe in cm	Oberfläche in qcm		Elektr. O. <i>Du Bois-O.</i>
				elektrisch	nach <i>Du Bois</i>	
1. Gruppe: Untergewicht. Gruppenmittel: 0,825.						
D.	21	63,5	175	14 600	17 750	0,825
Sch.	46	62	170	14 000	17 150	0,815
W.	22	62	176	13 750	17 700	0,78
K.	32	65	175	13 850	17 950	0,77
D.	33	68	181	15 850	18 750	0,845
M.	47	52	160	13 450	15 300	0,88
B.	29	49	157	13 100	14 700	0,89
H.	47	62	170	13 850	17 150	0,805
K.	18	65	176	13 450	18 050	0,745
M.	33	51,5	160	12 550	15 200	0,825
B.	27	62	178	15 050	17 850	0,845
J.	31	58,5	168	13 250	16 700	0,79
R.	37	57,5	167	13 800	16 450	0,84
D.	24	70,5	180	15 950	19 000	0,84
Sch.	30	55	167	15 400	16 100	0,955
R.	37	52,5	166	13 250	15 800	0,84
V.	54	57,5	165	13 350	16 200	0,825
W.	23	67,5	175	14 800	18 250	0,81
M.	24	73	182	15 400	19 400	0,765
2. Gruppe: Normalgewicht. Gruppenmittel: 0,80.						
F.	23	84	182	15 750	20 600	0,765
wdhlt.		81		15 300	20 250	0,755
E.	33	76	180	15 150	19 550	0,775
R.	69	69,5	168	14 200	17 900	0,79
W.	40	74	178	15 450	19 200	0,805
E.	54	71	172	13 850	18 400	0,75
K.	52	64,5	167	12 250	17 300	0,71
wdhlt.				13 550		0,78
H.	41	71,5	174	16 500	18 600	0,89
E.	41	57	162	13 700	16 000	0,86
E.	30	67	164	14 200	17 300	0,825
U.	24	73	180	15 000	19 200	0,78
B.	35	71	175	15 750	18 600	0,845
M.	21	77	179	15 500	19 600	0,79
S.	17	59,5	162	13 000	16 300	0,80
G.	22	68	174	14 700	18 250	0,805
R.	30	65	165	14 500	17 200	0,84
M.	27	73,5	179	15 800	19 300	0,82
3. Gruppe: Übergewicht. Gruppenmittel: 0,78.						
W.	40	72,5	166	14 750	18 050	0,815
S.	51	107	172	16 200	21 900	0,74
H.	22	97	175	16 250	21 300	0,76
wdhlt.				16 450		0,77
E.	48	69	160	13 900	17 300	0,81
K.	24	97	181	16 750	21 850	0,76
D.	46	106	165	16 100	21 200	0,765
K.	50	89	165	16 100	19 700	0,815
Gesamtmittel:						0,81

Tabelle 2. Frauen.

Versuchs- person	Alter in Jahren	Gewicht in kg	Größe in cm	Oberfläche in qcm		Elektr. O. <i>Du Bois</i> -O.
				elektrisch	nach <i>Du Bois</i>	
1. Gruppe: Untergewicht. Gruppenmittel: 0,85.						
St.	21	62	170	14 350	17 200	0,835
D.	21	57	168	12 950	16 500	0,785
F.	17	44,5	153	12 350	13 900	0,89
R.	22	46	156	13 450	14 200	0,945
B.	22	48	157	12 200	14 600	0,835
W.	30	54	165	13 700	15 900	0,86
B.	22	57	169	13 700	16 600	0,815
2. Gruppe: Normalgewicht. Gruppenmittel: 0,87.						
G.	21	54	159	14 400	15 500	0,93
K.	20	53	155	15 550	15 000	1,04
G.	19	60	161	13 550	16 300	0,83
R.	15	53	150	12 800	14 800	0,865
Sch.	22	51	151	12 900	14 500	0,89
W.	22	65	166	16 200	17 300	0,935
W.	25	57	160	14 200	15 900	0,895
O.	23	78	173	15 000	19 200	0,78
L.	22	73,5	174	14 100	18 800	0,75
St.	26	49,5	149	13 000	14 250	0,91
R.	17	50	155	12 950	14 650	0,885
K.	18	50	155	13 400	14 700	0,90
H.	21	59	161	14 200	16 200	0,875
Sch.	24	63	165	14 600	17 000	0,86
H.	25	57	160	12 850	15 900	0,81
G.	17	49	153	11 700	14 400	0,81
3. Gruppe: Übergewicht. Gruppenmittel: 0,88.						
D. wdhlt.	17	62	155	13 500	16 100	0,84
Ch.	23	61	150	13 550	15 650	0,84
Sch.	23	64	155	14 350	16 300	0,915
Sch.	23	64	155	14 900	16 300	0,915
Gesamtmittel:						0,86

Bei sorgfältiger Meßweise und guten elektrischen Bedingungen (Isolation) kann die Kapazität in physikalischer Hinsicht auf etwa 1 v. H. genau gemessen werden.

Zur Prüfung des Zustandes der Apparatur dienen jeweils die metallischen Eichkörper. Die *Isolation* machte, wie bei einer so umfangreichen elektrostatischen Anordnung verständlich, im Sommer, nach Wegfall der gut trocknenden Zentralheizung, zuweilen Schwierigkeiten, so daß an manchen Tagen keine Versuche ausgeführt werden konnten. Es handelt sich dabei stets um Leitfähigkeit am Gestell, die Wandern des Elektrometers und eine kapazitive Wirkung der oberen Platte ergibt. Elektrometer und Normalkondensatoren sind gut eingebaut und leicht trocken zu halten. Wir haben öfters eine Bestrahlung des Gestells mit Glühlampen mit einigem Erfolg angewandt.

Nach diesem veränderten Vorgehen wurden bei einer Reihe von Männern (Tabelle 1) und Frauen (Tabelle 2) die Oberflächenwerte neu

*bestimmt*¹. Sämtliche Versuchspersonen waren unbekleidet, und es wurde die früher festgelegte Grundstellung (aufrechte Haltung, eng zusammengestellte Beine, locker angelegte Arme) eingehalten. In den Tabellen ist die nach *Du Bois* ermittelte Oberfläche zum Vergleich mit-angegeben. Das Gesamtmittel liegt für Frauen 14%, für Männer 19% unter den Oberflächen nach *Du Bois*; es entspricht dies der Tatsache, daß Frauen ein kleineres spezifisches Gewicht und damit bei sonst gleichen Verhältnissen ein größeres Volumen und eine größere wirksame Oberfläche haben, während *Du Bois* in seinem Diagramm keinen Geschlechtsunterschied vorsieht.

Vergleicht man Mittelwerte für Über- und Untergewicht — es sind zum Teil nur wenige Werte in einer Gruppe —, so findet sich kein sicherer Unterschied. Dies könnte darauf beruhen, daß der Unterschied im spezifischen Gewicht dieser Gruppen durch eine mehr kugelige Körperform bei den Übergewichtigen ausgeglichen wird (größerer Rauminhalt bei gleicher Oberfläche!). Außerdem ist dieser Unterschied von *Du Bois* dadurch schon mitverarbeitet, daß er Personen von verschiedenem relativem Körpergewicht seinen Bestimmungen zugrunde legte.

Zusammenfassung.

Es wurde das Verfahren, die Strahlungsfläche des Menschen aus seiner elektrischen Kapazität zu bestimmen, nachgeprüft². Es erweist sich als notwendig, jede Meßanordnung mit Probekörpern (Metallzylinder) von geeigneten Abmessungen zu eichen; dadurch wird der Einfluß der Umgebung, besonders des Bodens und der Wände, und die innere Abschirmung für das Ergebnis ausschaltbar. Die durchgeführten Messungen an Versuchspersonen ergeben wieder, daß die Strahlungsfläche kleiner als die nach *Du Bois* berechnete ist, wie ja nicht anders zu erwarten; für manche Zwecke wird es ausreichen, die *Du Boissche* Fläche, die ja für *alle* Energieabgaben (durch die Haut) gelten soll, auch für die Strahlung zu verwenden unter Hinzufügung des Faktors 0,81 für Männer, 0,86 für Frauen.

Zusatz bei der Korrektur. Soeben erhalten wir eine Arbeit von *T. Bedford* über die Strahlungsfläche des Menschen [*J. of Hyg.* 35, 303 (1935)]. Nach einem ganz anderen Verfahren werden an zwei Versuchspersonen Werte für die Strahlungsfläche ermittelt, die 82 bzw. 84% der *Du Bois*-Flächen betragen, was mit unseren Ergebnissen sehr gut übereinstimmt. — Die gegen unsere erste Arbeit vorgebrachten Zahlenbeispiele sind zutreffend; das eine wurde aber bereits früher als Versehen berichtet [*Erg. Physiol.* 34, 866 (1932)]; das zweite erledigt sich durch die jetzt durchgeführte Nachprüfung des Meßverfahrens: Aus unseren obigen Ausführungen geht nämlich hervor, daß die Kapazitätsbestimmung bei Menschen in verschiedener Haltung nicht ohne weiteres durchführbar ist.

¹ In dankenwerter Weise haben uns bei diesen Messungen Frl. cand. med. *J. Rohe* und Herr cand. med. *K. Fürst* unterstützt.

² Die Experimente zu dieser Nachprüfung wurden in der Medizinischen und Nervenklinik der Universität Würzburg (Vorstand: Prof. Dr. *E. Grafe*) ausgeführt.