

(Aus dem Physiologischen Institute der Universität Wien.)

Versuche am Ergographen über die Wirkung von Bestrahlung mittels Hochfrequenzströmen.

Von
A. Landsiedl.

(Eingegangen am 11. Juli 1928.)

Die Versuche, über die im folgenden kurz berichtet werden soll, wurden durchgeführt, um die Wirkung von Bestrahlung mittels Hochfrequenzapparaten in der Arbeitspause auf die Erholung und Leistungsfähigkeit des menschlichen Skelettmuskels zu prüfen. Bekanntlich werden einfache Hochfrequenzapparate (Funkentladungen hochfrequenter Induktionsströme in evakuierten Röhren) derzeit in ausgedehntem Maße im Publikum und unter Ärztekreisen verbreitet und die beigegebenen Prospekte sprechen u. a. von einer ermüdungsherabsetzenden Wirkung der unter leichter Massage vorgenommenen Bestrahlung der betreffenden Körperpartien nach körperlicher Arbeit, wofür eigens gebaute Elektroden beigegeben sind.

Tuttle und *Williams*¹ erwähnen in einer Arbeit, die sich mit der Wirkung der Bestrahlung mittels Hochfrequenzapparaten auf den Muskeltonus beschäftigt, wobei das Ausmaß des Kniesehenreflexes vor und nach Bestrahlung als Indikator genommen wird, daß derartige Apparate in ausgedehntem Maße von den Sporttrainern (in den Vereinigten Staaten) verwendet werden, um sowohl die ermüdete als auch in manchen Fällen die frische Muskulatur damit zu behandeln. Die subjektive Wirkung scheint nach den Berichten dieser Trainer eine günstige zu sein; inwieweit eine gewisse suggestive Wirkung hier hereinspielt, läßt sich natürlich nicht von vornherein entscheiden. Da diese Apparate vor allem auch für Sportkreise von den Erzeugern auch in Europa sehr propagiert werden und speziell darauf gerichtete Versuche über deren Wirksamkeit oder Nichtwirksamkeit in diesem Belange unseres Wissens nicht vorliegen, so soll hier darüber berichtet werden.

Die Versuche wurden am Ergographen von *Mosso*² durchgeführt. Die Methodik ist hierbei bekannt. Geprüft wird die Leistung der Beuger

¹ *Tuttle* und *Williams*, The effect of autocondensation and high frequency electric current on the tonus of skeletal muscle. Amer. J. Physiol. **74**, 650 (1925).

² Hierüber existiert eine ausgedehnte Literatur, die hier nicht im einzelnen zitiert werden soll. Siehe *A. Durig*, Die Theorie der Ermüdung in Körper und Arbeit. Handbuch der Arbeitsphysiologie. Leipzig: Georg Thieme 1927.

des Mittelfingers (Angriffspunkt des Gewichtes an der zweiten Phalange) bei konstanter Belastung und konstantem Rhythmus. Da es bei Ergographenversuchen bekanntlich vielmehr darauf ankommt, erst nach längerer, vorbereitender Einübung unter möglichst gleichmäßigen Versuchsbedingungen an ein und derselben Versuchsperson zu beobachten, wurden die Versuche nur an 2 Personen, einer männlichen und einer weiblichen, durch ca. 2 Monate hindurch durchgeführt. Kurzdauernde Versuchsreihen an verschiedenen Personen sind bekanntermaßen ungeeignet, um die an sich großen Fehlerquellen der Methodik möglichst herabzudrücken. Ergographenversuche verlangen eine gewisse Selbstverleugnung und Disziplin von den durchführenden Personen, die sich erst nach einiger Zeit erwerben läßt. Darum müssen die Versuche über einen längeren Zeitraum ausgedehnt werden.

Die Anordnung war folgendermaßen: Wenn möglich täglich, meist zur selben Stunde, wurde nacheinander sowohl mit dem rechten als auch dem linken Arm am Ergographen gearbeitet, wobei abwechselnd der eine oder der andere Arm als jeweils erster zu arbeiten hatte. Die Belastung war während der ganzen Versuchsdauer konstant und betrug bei der ♂ Versuchsperson 3,6 kg und bei der ♀ 3,2 kg. Durch 14 Tage vor Beginn der eigentlichen Versuche wurde am Apparat in derselben Weise, wie bei diesen selbst, geübt. Die Ziehungen erfolgten im Sekundenrhythmus (Glockensignal). Es wurde bei jedem Tagesversuche sowohl rechts als auch links je 5mal bis zur vollständigen Erschöpfung und Unfähigkeit, das Gewicht zu heben, gezogen und die Zeitdauer der Arbeit am Ergographen vom Versuchsleiter mittels der Stoppuhr gemessen. Die Pause zwischen den einzelnen Ziehreihen betrug immer genau 3 Minuten, wobei der Arm in gleicher Weise bei den Versuchen mit und ohne Bestrahlung aus der Manschette herausgenommen wurde. In der Pause wurde durch 2 Minuten hindurch unter gleichzeitiger leichter Massage mit der Elektrode der Unterarm in der Gegend der langen Fingerbeuger entweder bestrahlt, wobei die höchste, gerade noch erträgliche Reizstärke verwandt wurde, die auch immer ein oberflächliches *Erythem* hervorrief; oder es wurde durch dieselbe Zeit, im selben Rhythmus und möglichst mit demselben Druck der Unterarm mit der abgeschalteten, kalten Elektrode allein massiert. Der bestrahlte Arm wurde meist täglich gewechselt und war abwechselnd der erste oder zweite zur Arbeit bestimmte. Die Kontraktionen wurden auf einem langsam laufenden Kymographion getrennt nebeneinander aufgezeichnet. Da dieses Kymographion nicht genügend gleichmäßig lief, um die gewonnenen Kurven planimetrisch genau ausmessen zu können, wurde zu dem Ausweg gegriffen, die Kontraktionshöhen jeder Einzelkurve, deren bei jedem Tagesversuch zehn aufgezeichnet wurden, einzeln an diesen auszumessen und zu addieren. Es wurde so für jede Kontraktionsreihe die Summe der einzelnen Kontraktionshöhen bestimmt (Messung auf $\pm 0,5$ mm), die bei konstant bleibender Belastung der Arbeitsleistung proportional ist. Allerdings ist dabei zu bedenken, daß in bezug auf Ermüdbarkeit und Leistungsfähigkeit die *Art* der einzelnen Kontraktionen bzw. die der jeweiligen Erschlaffung zwischen den einzelnen Kontraktionen — ob diese nämlich langsam oder plötzlich erfolgt — und auch die Schleuderung des Gewichtes (verschieden je nach ausgiebigerer oder geringfügigerer, rascherer oder langsamerer Kontraktion) eine gewisse Rolle spielt. Gleichzeitig mit dem Doppelschlag des Glockensignals wurde versucht, auch diese beiden Faktoren möglichst konstant zu erhalten.

Selbstverständlich können mit einer solchen Anordnung *nur Relativzahlen* erhalten werden, und es war nur zu hoffen, daß eine statistische Bearbeitung der gewonnenen Zahlenreihen gewisse Regelmäßigkeiten im Gang der Werte aufzudecken imstande wäre. Ungeachtet der zahlreihen, mehr minder bekannten Variablen, die bei solchen Ergographenversuchen naturgemäß hereinspielen und unter denen der psychische Faktor sicherlich der ausschlaggebendste ist, mußte sich bei einer derartigen Bearbeitung doch bei Vorhandensein einer *ins Gewicht fallenden* Beeinflussung der Erholung und Leistungsfähigkeit der Muskulatur durch Bestrahlung in der Arbeitspause ein systematischer Gang der Werte finden lassen, zumal an die Versuche vollständig voraussetzungslos herangegangen wurde, die Reihenfolge ständig wechselte und die äußeren Versuchsbedingungen möglichst gleichmäßig gehalten wurden.

In der vorhin erwähnten Arbeit von *Tuttle* und *Williams* wurden 16 Versuchspersonen je 1mal in folgender Weise untersucht: Zuerst wurde eine Serie von Kniesehnenreflexen registriert, um den für die betreffende Person charakteristischen Mittelwert (gemessen in Millimeter der Rußkurve) zu erhalten. Dieser Durchschnittswert schwankt bei den verschiedenen Personen zwischen 0,9 und 51,7 mm. Dann wurde der Oberschenkel mittels des Hochfrequenzapparates so lange bestrahlt, bis die Haut gerötet war. Die Zeitdauer der Bestrahlung ist nicht angegeben, mit Ausnahme eines Falles, von dem Kurven abgebildet sind (hier 30 Minuten). Der Durchschnittswert der nach dieser Bestrahlung neuerdings registrierten Ausschläge des Kniesehnenreflexes war zwischen 24—235% höher als vorher (aus der beigegebenen Tabelle berechnet sich eine mittlere Steigerung um 89%). Die Autoren betonen ausdrücklich, daß eine leichte Reizung der Haut nötig ist, um einen deutlichen Effekt aufzuzeigen, und sie bringen die Tonussteigerung des Quadricepsmuskels, als dessen Ausdruck die Steigerung des Kniesehnenreflexes angesehen wird, in direkten Zusammenhang mit dieser lokalen Irritation.

Es wäre natürlich nicht von vornherein ausgeschlossen, daß nach Hervorrufen eines Erythems der Haut (das übrigens in kürzerer Zeit nur dann zu erzielen ist, wenn die Reizstärke groß ist und die Elektrode nicht fest der Haut aufliegt, so daß kleine Funken von ihr auf diese überspringen können) auf dem Wege einer kollateralen Hyperämie auch die darunterliegende Muskulatur um soviel besser durchblutet werden könnte, daß damit eine raschere Restitution und bessere Leistungsfähigkeit verknüpft sein könnte. Dies wäre ja auch unseres Erachtens nach der einzige Weg, auf dem man sich eine Beeinflussung der Erholung der Muskulatur durch Bestrahlung der Körperoberfläche mit hochfrequenten Entladungen vorstellen könnte, da die Bestrahlung ja an sich infolge ihrer hohen

Schwingungszahl nicht erregend wirken kann. Die Tiefenwirkung der mit der Hochfrequenzbestrahlung einhergehenden leichten Erwärmung der betreffenden Körperpartie ist bei den hier untersuchten kleinen Apparaten — im Gegensatz zu Diathermieapparaten — keine große und auch nur eine ganz flüchtig vorübergehende. Das vorhin erwähnte Erythem, das in unseren Versuchen schon nach je 2 Minuten langer Bestrahlung hervorgerufen wird, hält meist durch $\frac{1}{2}$ —1 Stunde, gelegentlich auch durch mehrere Stunden an. Jedenfalls ist es während des ganzen eigentlichen Versuches vorhanden, so daß die 4 letzten Einzelversuche immer damit verknüpft waren.

Vor der Besprechung des Versuchsergebnisses soll vorausgeschickt werden, daß von einer Mitteilung der *ausführlichen Tabellen mit den Einzelwerten* aus allen Versuchen und der Hilfstabellen bei der variationsstatistischen Bearbeitung des Materials aus Platzmangel abgesehen werden muß.

1. Die *durchschnittliche Kontraktionshöhe* (in Millimeter der Rußkurve).

Darunter wird die Gesamthöhe aller Kontraktionen eines Einzelversuchs gebrochen durch die Zahl der Kontraktionen verstanden. In Tab. 1 sind die Mittel- und Extremwerte der durchschnittlichen Kontraktionshöhe aus allen Versuchen angegeben.

Die Mittelwerte nehmen in der gleichen Weise beim unbestrahlten wie bestrahlten Arm von der 1. bis zur 5. Serie der Kontraktionen bei der ♂ Versuchsperson in ausgeprägterem, bei der ♀ in geringerem Maße ab. Sie sind bei beiden Versuchspersonen regelmäßig links etwas höhere. Zwischen bestrahltem und unbestrahltem Arm sind sowohl in den Mittel- wie Extremwerten keinerlei ins Gewicht fallende Differenzen aufweisbar.

Dasselbe gilt, wenn man nicht die Mittelwerte, sondern die Einzelwerte der Versuche untereinander vergleicht. In der Verteilung dieser Einzelwerte an den aufeinanderfolgenden Versuchstagen sind bei der variationsstatistischen Untersuchung bei der ♂ wie ♀ Versuchsperson keinerlei Regelmäßigkeiten nachzuweisen, die einen systematischen Gang der Werte im Sinne eines verschiedenen Verhaltens des bestrahlten oder unbestrahlten Armes andeuten würden. In diesem Verhalten macht es auch keinen Unterschied aus, ob der bestrahlte oder unbestrahlte Arm an dem jeweiligen Versuchstage als erster oder zweiter zur Arbeitsleistung herangezogen wurde.

In Tab. 2 sind die Mittelwerte aus den getrennt geführten Werten für die erste oder zweite Arbeitsleistung an dem jeweiligen Versuchstage angeführt, wobei die senkrechten Kolonnen I—V den ersten bis fünften Teilversuch jedes Versuches angeben und in Kolonne VI die Mittelwerte aus den Horizontalreihen einander gegenübergestellt sind. Tab. 2 zeigt

ebenso wie Tab. 1 die relativ große Konstanz¹ in den Mittelwerten der durchschnittlichen Kontraktionshöhe bei den vorliegenden Versuchsreihen.

2. Die *absoluten Hubhöhen*summen und deren *prozentuelle Änderungen*. In Tab. 3 sind die Mittel- und Extremwerte der Hubhöhensumme (in Zentimeter) angegeben, ferner ist die prozentuelle Änderung des Mittelwertes, gerechnet von der ersten Kontraktionsreihe des jeweiligen Tagesversuches (Kolonne I), eingetragen.

Aus der statistischen Untersuchung der *Einzelwerte* ergibt sich, daß die unter den vorliegenden Versuchsbedingungen geleistete Gesamthöhe je bei einem Teilversuch innerhalb eines aus 5 solchen Teilversuchen bestehenden Tagesversuches in der größeren Zahl der Fälle *abnimmt*, und zwar bei der ♂-Versuchsperson stärker und in größeren Sprüngen als bei der ♀-Versuchsperson. Bei der ersteren sind die absoluten Werte fast durchgehends höhere, insbesondere die der ersten Kontraktionsreihe, während der Abfall der Leistungsfähigkeit steiler erfolgt. Diese Abnahme der Hubhöhensumme innerhalb einer Einzelreihe ist nicht immer eine systematisch fortschreitende, sondern häufig sinken die Werte zunächst (2. Kurve) ab, um dann später wieder etwas an- oder abzusteigen. Eine genauere Untersuchung dieser Schwankungen bzw. der im großen und ganzen systematischen Abnahme der Arbeitsleistung vom ersten bis zum letzten Teilversuch ergibt wieder keinerlei Unterschiede im Verhalten der bestrahlten oder unbestrahlten Arme. Die Schwankungen, um die es sich hier handelt, sind im Mittelwert keine bedeutenden.

Mit steigendem Training kommt es bei der ♀, nicht aber bei der ♂ Versuchsperson gelegentlich zu Hubfolgen, bei denen die Summe der Hubhöhen in den späteren Ziehungen einer Einzelreihe gegenüber dem Wert des ersten Teilversuches etwas größer ist. (Einarbeiten!) Das Maximum der Arbeitsleistung liegt dann nicht, wie gewöhnlich, bei der 1. Kurve, sondern am häufigsten in der 2. Kurve (3 Fälle, darunter 2 bestrahlt), wird aber auch bei der 3. und 5. beobachtet (je 1 Fall, beide unbestrahlt).

Wie schon vorhin erwähnt, wurde durch ca. 14 Tage vor Beginn der eigentlichen Versuche trainiert. Nichtsdestoweniger ließ sich bei der ♀

¹ Dies zeigten auch die Mittelwerte der durchschnittlichen Kontraktionshöhen aus *allen* Versuchen (Millimeter).

	♂	♀
Rechts unbestrahlt	36	19
Rechts bestrahlt	36	20
Links unbestrahlt	39	21
Links bestrahlt	40	21

Versuchsperson während der eigentlichen Versuche noch ein gewisser Trainingseffekt feststellen, indem sowohl die Gesamthubhöhe als auch die Dauer der Leistung in allen Reihen allmählich zunahm, letztere aber in geringerem Grade.

Dies deutet auf eine Querschnittszunahme der belasteten Muskeln hin, während die Ausdauer, die vielmehr von psychischen Faktoren abhängt, sich von Anfang an konstanter einstellte. Bei der ♂ Versuchsperson, die also schon zu Beginn der Versuche mit optimaler Arbeitsfähigkeit der Muskeln arbeitete, war ein solcher Trainingseffekt nicht zu beobachten.

Da unter den vorliegenden Versuchsbedingungen jeder Arm immer abwechselnd bestrahlt wurde, läßt sich über einen evtl. (wenn auch nicht wahrscheinlichen) Einfluß der Bestrahlung *auf das Training* nichts aussagen.

Aus Tab. 3 ergeben sich auch in den Mittelwerten in bezug auf die *prozentuellen Änderungen* der Arbeitsleistung keine systematischen Unterschiede zwischen Versuchen mit und ohne Bestrahlung. So ist die prozentuelle Abnahme der Hubhöhensumme bei der ♂ Versuchsperson rechts regelmäßig etwas kleiner, links etwas größer beim *bestrahlten* Arm, während sie bei der ♀ Versuchsperson rechts und links bald etwas größer, bald etwas kleiner ist. (Die Differenzen sind aber sehr geringe.)

Dagegen sind die *absoluten Werte* der Hubhöhensumme in den Versuchen mit Bestrahlung im Mittelwert im allgemeinen etwas höhere als in den korrespondierenden Versuchen ohne Bestrahlung. Dies drückt sich auch im *Mittelwert* aus sämtlichen Versuchen aus¹ (Tab. 3, letzte Kolonnen). Da aber dieses Höherliegen der absoluten Werte schon im Mittelwert des ersten Teilversuches, vor dem ja *nicht* bestrahlt wurde, vorhanden ist, so könnte man annehmen, daß hier vielleicht eine unbewußte, psychische Komponente hineinspielt, indem in den Versuchen mit *erwarteter* Bestrahlung die Leistung von vornherein eine etwas höhere ist.

3. *Der jeweilige Höchstwert der Kontraktionshöhe.* Für die höchste Einzelkontraktion in jeder Ziehungsreihe gilt sowohl in bezug auf die Größe und Verteilung der Einzelwerte als auch der Mittel- und Extremwerte dasselbe, wie es im vorhergehenden ausgeführt wurde, nämlich, daß sich bestrahlter und unbestrahlter Arm nicht unterschiedlich verhalten. Es soll daher von einer Mitteilung der entsprechenden Tabellen abgesehen werden.

¹ Unter Bedachtnahme auf die vielen Variablen, die bei solchen Ergographenversuchen eine Rolle spielen, können die Mittelwerte aus allen Versuchen als sehr übereinstimmend bezeichnet werden; denn sie differieren maximal ca. um 11%, minimal um ca. 2%.

Tabelle 3. *Hubhöhensumme (in cm)*

		δ																
		Zahl der Ver- suche	I			II			III			IV			V			
			M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	
Rechts unbestrahlt	40	360	306			190			152			167			138			52,0
				100	249		68,0	217		60,3	204		56,6	187		265		
Rechts bestrahlt	40	336	270			218			192			185			184			66,1
				100	255		75,9	209		62,2	221		65,8	222		280		
Links unbestrahlt	45	316	268			184			170			79			131			56,0
				100	216		68,4	187		59,2	173		54,8	177		265		
Links bestrahlt	40	356	292			183			177			157			137			48,9
				100	232		65,1	192		54,0	187		52,6	174		193		
			418			289			215			260						

M. = Mittelwert. E. = Extremwerte. % = prozentuelle

Tabelle 4. *Zeitdauer (in Sekunden)*

		δ																
		Zahl der Ver- suche	I			II			III			IV			V			
			M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	
Rechts unbestrahlt	40	91	64			45			47			51			38			65,9
				100	66		72,5	59		64,8	62		68,1	60		88		
Rechts bestrahlt	40	90	70			54			51			56			48			71,2
				100	68		75,6	61		67,8	62		68,9	64		75		
Links unbestrahlt	45	74	64			38			40			25			42			64,8
				100	53		71,6	48		64,8	48		64,8	48		66		
Links bestrahlt	40	82	66			46			41			42			39			58,6
				100	58		70,8	50		61,0	49		59,7	48		58		
			96			71			61			67						

M. = Mittelwert. E. = Extremwerte. % = prozentuelle Veränderung der Mittelwerte

über die Wirkung von Bestrahlung mittels Hochfrequenzströmen. 221

Mittel-, Extremwerte und prozentuelle Veränderungen.

Zahl der Versuche	♀															♂			♀					
	I			II			III			IV			V			Werte aus allen Versuchen								
	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%
55		126			77			82			74			84			138			74				
	147		100	133		90,5	137		93,2	132		89,8	124		84,3	243		67,5	135		91,9			
		169			209			187			188			184			408			209				
40		125			109			101			101			102			184			101				
	164		100	153		93,3	143		87,2	157		95,7	138		84,2	248		73,8	151		92,1			
		198			219			174			203			171			414			219				
55		131			80			79			77			82			79			77				
	176		100	142		80,7	134		76,2	135		76,7	125		71,0	214		67,7	142		80,7			
		222			184			187			210			184			344			222				
40		126			87			81			91			84			137			81				
	177		100	152		85,8	133		75,1	139		78,6	130		73,4	228		64,1	146		82,5			
		206			217			173			215			159			418			217				

Änderung des Mittelwertes (gerechnet von Kolonne I).

Mittel-, Extremwerte und prozentuelle Veränderungen.

Zahl der Versuche	♀															♂			♀					
	I			II			III			IV			V			Werte aus allen Versuchen								
	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%	M.	E.	%
55		63			53			50			52			53			38			50				
	77		100	67		87,0	71		92,2	71		92,2	69		89,6	68		74,7	71		92,2			
		100			100			97			94			93			105			100				
40		70			46			57			60			60			48			46				
	79		100	72		93,4	71		89,8	80		101,0	72		91,1	69		76,7	75		94,9			
		88			95			86			102			97			105			102				
55		66			52			50			51			48			25			48				
	81		100	69		85,2	65		85,2	66		81,5	65		80,2	54		73,0	69		85,2			
		95			85			90			115			84			80			115				
40		68			51			54			52			60			39			51				
	77		100	69		89,6	63		81,8	70		90,9	68		88,3	57		79,5	69		89,6			
		87			97			75			99			78			96			99				

(gerechnet von Kolonne I). I - V = erste bis fünfte Ziehung jedes Tagesversuches.

4. *Die Zeitdauer des Einzelversuches.* In Tab. 4 ist die Zeit, durch die ein Einzelversuch durchgehalten werden kann und die der Ausdauer proportional ist, in ihren Mittelwerten, Extremwerten und der prozentuellen Veränderung — wieder gerechnet vom ersten Teilversuch an — angeführt.

Beide Versuchspersonen sind Rechtshänder. Bei der ♂ Versuchsperson ist die Ausdauer links nicht unbeträchtlich kleiner als rechts, während dies bei der ♀ Versuchsperson nur wenig angedeutet ist. Die Ausdauer nimmt bei der ersteren viel steiler ab im Verlaufe eines Tagesversuches als bei der letzteren. Daher sind die Mittelwerte aus *sämtlichen* Versuchen trotz höherer Anfangswerte (Kolonne I) bei der ♂ Versuchsperson kleinere, die prozentuellen Abnahmen größere.

Betrachtet man die *prozentuellen Änderungen* der Zeitdauer (gerechnet bei den Mittelwerten, Kolonne I—V), so sind sie bei der ♂ Versuchsperson rechts durchgehends um ein Geringes kleiner, links größer beim bestrahlten, gegenüber dem unbestrahlten Arm, während sie bei der ♀ Versuchsperson sowohl rechts als auch links bald etwas kleiner, bald etwas größer sind. Es läßt sich also auch bei den Zeitwerten in dieser Hinsicht, wie früher bei den Hubhöhensummen¹ keine Regelmäßigkeit zugunsten des bestrahlten oder unbestrahlten Armes feststellen. Dasselbe ergibt sich bei variationsstatistischer Untersuchung der Einzelwerte. Bei Betrachtung sämtlicher Versuche besteht in den *absoluten Werten* eine leichte Tendenz zu einer etwas größeren Ausdauer des bestrahlten Armes bei beiden Versuchspersonen. Die Unterschiede sind allerdings sehr geringe und berechtigen zu keiner entschiedenen Aussage. (Siehe das in Punkt 2 Gesagte.)

Vergleicht man bei den Einzelversuchen die *prozentuellen Veränderungen der Hubhöhensumme* bzw. *Zeitdauer* untereinander, so fällt auf, daß die Abnahme der ersteren häufig größer ist als die der letzteren. Mit anderen Worten, das Ausmaß der Kontraktion sinkt bei Ermüdung in der größeren Zahl der Fälle mehr ab, als die Zeit, durch die die Kontraktionen, wenn auch nur mehr bei kleinen Ausschlägen, fortgesetzt werden können. (Einfluß der Willensanspannung.) Dies ist bei der ♂ Versuchsperson unter 132 Versuchen 101mal, bei der ♀ Versuchsperson unter 152 Versuchen 102mal der Fall. (In den Mittelwerten, Tab. 3 und 4, sind natürlich auch die negativen Fälle enthalten.) Auch in bezug auf diese Relation wurde das Gesamtmaterial geprüft, ohne irgendwelche deutlichen Unterschiede rücksichtlich des Verhaltens des bestrahlten oder unbestrahlten Armes zu ergeben. Dagegen erweist sich bei beiden Versuchspersonen der linke Arm, obwohl er absolut genommen weniger ausdauernd ist als der rechte, doch *relativ*, im Verhältnis zur mechanischen

¹ In der Hubhöhensumme ist ja implicite die Zeitdauer der Einzelversuche auch enthalten.

Arbeitsleistung, etwas ausdauernder, gleichgültig, ob er bestrahlt ist oder nicht. Man könnte dies so formulieren, daß bei geringerer Gesamtleistungsfähigkeit der Einfluß der Willensanspannung beim linken Arm sich deutlicher ausprägt.

Zusammenfassung.

Es wurde am Ergographen von *Mosso* an 2 Versuchspersonen, einer ♂ und einer ♀, die Wirkung von Bestrahlung mittels kleinen Hochfrequenzapparaten in der Arbeitspause auf die Erholung und Leistungsfähigkeit des Skelettmuskels untersucht. Jeder Tagesversuch bestand aus 10 Einzelversuchen (5 rechts und 5 links). Belastung und Rhythmus waren während der ganzen Versuchszeit konstant. Es wurden von der ♂ Versuchsperson 165 Versuche (33 Versuchstage), von der ♀ Versuchsperson 190 Versuche (38 Versuchstage) durchgeführt und das so gewonnene Zahlenmaterial statistisch hinsichtlich des Verhaltens der *bestrahlten und unbestrahlten* Arme untersucht. Es ergaben sich unter den vorliegenden Versuchsbedingungen *keine deutlichen Unterschiede zwischen beiden*, weder in bezug auf die durchschnittliche Kontraktionshöhe noch in bezug auf deren Höchstwert, auch die Hubhöhensummen bzw. deren prozentuelle Veränderungen, die Zeitdauer, während der ein Einzelversuch durchgehalten werden kann, und die Relation zwischen den beiden letzteren Größen zeigten keine Unterschiede. Über eine evtl. Suggestivwirkung derartiger Bestrahlungen kann natürlich auf Grund dieses Ergebnisses kein Urteil gefällt werden.
