

# Messungen der Festigkeit des Schlafes.

Von

**Dr. E. Kohlschütter,**

Assistenten an der med. Klinik zu Halle a/S.

(Hierzu Tafel VI.)

Gestützt auf das von E. H. Weber aufgestellte Gesetz, dass der Unterschied zweier Reizgrössen als gleich empfunden wird, wenn das Verhältniss beider zu einander oder, was auf dasselbe hinauskommt, das Verhältniss des Unterschiedes zu einer der beiden sich gleich bleibt, ohne Betracht der absoluten Grösse des Unterschiedes, und auf die unmittelbar feststehende Thatsache, dass ein Reiz, um empfunden zu werden, eine gewisse Stärke erreichen müsse, gelangt Fechner in seinen „Elementen der Psychophysik“ auf exactem Wege (mathematisch-logischer Verknüpfung der durch fremde und eigene sehr zahlreiche Versuche gefundenen Thatsachen) zu einem Gesetze für die Abhängigkeit der Empfindungsintensität von der Reizgrösse, welches lautet:

$$\gamma = k \cdot \log \frac{\beta}{b}$$

wo  $\gamma$  die Empfindungsintensität,  $\beta$  die Reizgrösse,  $b$  aber den Schwellenwerth des Reizes, d. h. eben diejenige Stärke desselben bezeichnet, die er erreichen muss, um als Empfindung ins Bewusstsein zu treten;  $k$  ist die Proportionalconstante und wenn man die Intensität derjenigen Empfindung, welche durch einen Reiz  $\beta = b \cdot e$  (resp.  $= b \cdot 10$  je nach dem Gebrauche natürlicher oder briggscher Logarithmen) ausgelöst wird, als Einheit der Empfindung bezeichnet, so wird  $k = 1$  und man hat somit unmittelbar ein Maass der Empfindung in dem Logarithmus des sie auslösenden Reizes; man misst die Empfindung,

indem man nach Fechner's Ausdruck den Reiz gleichsam als Elle an sie anlegt. Wird  $\beta < b$ , so wird  $\gamma$  negativ und diesen negativen Werth deutet Fechner als unbewusste Empfindung und indem er das gefundene Gesetz aus dem Gebiete der äussern auf das der innern Psychophysik überträgt und für Empfindung Bewusstsein überhaupt setzt, als Schlaf.

Möglich wird diese Uebertragung durch folgende Betrachtung.

Alle Vorgänge im Geiste sind an Vorgänge im Körper, näher im Centralnervensystem, gebunden, so dass einem bestimmten Vorgange im Reiche des Geistigen eine bestimmte Bewegung im Reiche des Leiblichen entspricht, und umgekehrt. Für diese körperlichen Vorgänge, über deren Natur wir vor der Hand nicht mehr aussagen können, als dass sie zu den Molecularbewegungen gehören müssen und die wir ganz allgemein als psychophysische Thätigkeit bezeichnen, ist das Maass ihre lebendige Kraft im Sinne der Physik. Die innere Psychophysik hat sich nun mit den Gesetzen der Abhängigkeit zwischen diesen körperlichen Vorgängen im Innern unseres Leibes einer- und dem eigentlich geistigen Geschehen andererseits zu beschäftigen; während in das Gebiet der äusseren die Gesetze der Einwirkung äusserer Potenzen, welche hier zu Reizen werden, auf die psychophysische Thätigkeit gehören. Zunächst bleibt die innere Psychophysik ein noch sehr wenig angebautes, bei dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse vielleicht vor der Hand unanbaubares Feld: wie man indess doch einige Anhaltspunkte gewinnen kann, um von der äusseren auf die innere Psychophysik überzugehen und wie man von hier aus auf den Gang des Allgemeinbewusstseins überhaupt schliessen kann, möge bei Fechner selbst\*) nachgelesen werden. Hier wird vorausgesetzt — und gerade die Betrachtung des uns vorliegenden Phänomens, des Schlafes, führt zu dieser Voraussetzung — dass, wie in jedem einzelnen Sinnesgebiete der Reiz eine bestimmte Stärke erreichen muss, um als Empfindung ins Bewusstsein zu treten, so auch die Intensität, d. i. die lebendige Kraft der vorhandenen psychophysischen Thätigkeit im Ganzen eine bestimmte Schwelle erreichen muss, damit Bewusstsein überhaupt zu Stande komme. Wenn die psychophysische Thätigkeit unter dieser Schwelle bleibt, wird kein Bewusstsein im gewöhnlichen Sinne vorhanden sein; im Sinne des aufgestellten Gesetzes wird das

\*) Elemente der Psychophysik II. S. 428.

allerdings vorhandene negativ sein und einen bestimmten Höhenwerth behalten. Das negative Vorzeichen zeigt in der Mathematik überhaupt nur einen Gegensatz an, und hier entsteht derselbe, indem ein Mal die psychophysische und die auf ihr basirende geistige Thätigkeit eine gewisse Intensitätsstufe übersteigt, das andere Mal dieselbe nicht erreicht. Es verhält sich das negative Vorzeichen hier gerade wie bei der Temperatur, wo es ebenfalls nicht ein Fehlen der Wärmeschwingungen anzeigt, sondern nur, dass die Menge derselben einen bestimmten, willkürlich angenommenen Werth nicht erreicht. In beiden Fällen zählt man nicht vom Nullwerthe der zu messenden Thätigkeit aus, sondern bei der Temperatur von einer Wärmemenge, welche nicht mehr hinreicht, das Wasser flüssig zu erhalten, bei der geistigen Thätigkeit von einer Intensität derselben, welche eben nicht mehr hinreicht, das Bewusstsein wach zu erhalten. Diejenige Wärmemenge, bei welcher das Wasser gefriert, setzen wir gleich Null und sprechen von negativer Wärme, von Kälte, wenn die Wärmemenge noch geringer wird, obgleich qualitativ durchaus dieselben Aetherschwingungen die Plus- und die Minustemperatur bedingen: wir setzen diejenige Intensität der geistigen Thätigkeit, bei welcher eben Einschlafen, resp. Erwachen erfolgt, gleich Null und deuten geringere Grade derselben, mit dem negativen Vorzeichen behaftet, als Schlaf, während die höheren, positiven, das Wachen repräsentiren, immer festhaltend, dass qualitativ dieselben Vorgänge dem Schläfe und dem Wachen zu Grunde liegen\*).

Denn Schlaf und Wachen sind zwei einander entgegengesetzte Zustände des geistigen Lehens. Dasselbe ist im Schläfe sicher nicht vollständig erloschen, das beweisen die

---

\*) Eine philosophische Begriffsbestimmung des Schlafes kann und soll mit dieser Deutung nicht gegeben sein. Allein wie die Physik ihre Fortschritte seit der Zeit datirt, wo sie aufhörte über Wesen und Begriff der Vorgänge und Kräfte zu speculiren und sich mit der Erkenntniss ihrer Gesetze begnügte, von der Zeit, seit welcher ihre lebendige Kraft nichts ist, als das halbe Product der Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit, und Geschwindigkeit nichts als der Raum dividirt durch die Zeit, so wäre es vielleicht für die Physiologie an der Zeit, es auch einmal mit lediglich formalen Begriffen zu versuchen. Gerade in Bezug auf den Schlaf ist so lange vom „Wesen“ und vom „Begriff“ die Rede gewesen, ohne dass dadurch etwas gefördert worden wäre, dass man wohl auf einem andern Wege einmal dem Phänomen näher zu treten versuchen mag. Es ist damit die philosophische Speculation nicht ausgeschlossen, sondern nur auf ein anderes Feld, das der Naturphilosophie im Sinne der neueren Forschung verwiesen, und der exacten Forschung zunächst die Constatirung der Thatsachen, d. i. der Gesetze der Erscheinungen, vindicirt.

Träume und die Möglichkeit, einen Schlafenden durch einen starken localen Reiz zu erwecken, während ein schwacher, der doch in derselben Weise, nur weniger intensiv, einwirkt, ihn nicht erweckt. Wäre das geistige Leben im Schlafe gleich Null (wobei man ihm doch die Fähigkeit, wieder erweckt zu werden, also immerhin eine gewisse Energie, zuschreiben müsste, von der man sich keine recht klare Vorstellung bilden kann), so sieht man nicht recht ein, warum ein geringer Reiz dies Nichts nicht ebensogut zu einem Etwas machen könnte, wie ein, starker. Schon die allergewöhnlichste Erfahrung lehrt dagegen, dass der Schlaf von der verschiedensten Tiefe und Festigkeit, die Intensität des geistigen Lebens im Schlafe also nicht immer eine gleiche sein kann. Andererseits weist das nach einer bestimmten Dauer des Schlafes von selbst eintretende Erwachen auf einen continuirlichen Fluss des Seelenlebens und zwar auf einen gesetzmässigen, d. h. von bestimmten Umständen in bestimmter Weise abhängigen, hin. Der nothwendig entspringenden Forderung für diese continuirlichen Oscillationen des Seelenlebens eine psychophysische Repräsentation zu finden, entspricht nun die aufgestellte Formel, wenn wir die unter bestimmten Verhältnissen aus ihr sich ergebenden negativen Bewusstseinswerthe als Schlaf deuten.

Es ist an sich klar, wie man von dieser Auffassung aus leicht auf das Princip eines Maasses für die Tiefe des Schlafes kommen konnte. Wenn im Schlafe durch ein allgemeines Sinken der psychophysischen Thätigkeit, so dass ein stärkerer Reiz nöthig ist, um sie auf die Schwelle zu heben, das Bewusstsein negativ wird; wenn der absolute Werth dieses negativen Bewusstseins unter verschiedenen Umständen verschieden sein kann, so kam es, um ein Mass für die Festigkeit des Schlafes zu haben, nur darauf an, zuzusehen, um wie viel man die psychophysische und folgend die geistige Thätigkeit zu erhöhen habe, um sie auf den Nullpunkt zu heben; ähnlich wie man ein Maass hat für die Grösse der Schulden, wenn man zusieht, wie viel man positives Vermögen zusetzen muss, um sie auszugleichen; für die Tiefe eines Brunnens, wenn man zusieht, wie viel man Material hineinschütten muss, um ihn der Erdoberfläche gleich zu machen. Um so näher musste diese Untersuchung liegen, als auch zwei wichtige Maassmethoden der Empfindlichkeit, die der eben merklichen Unterschiede und die der Aequivalente\*) auf demselben Principe beruhen; zuzusehen, um wie viel man den

\*) Vergl. Fechner a. a. O. I, S. 71.

Reiz verstärken müsse, um die entsprechende Empfindung auf eine gewisse Stärke zu heben. Im Falle des Schlafes ist der Punkt, bis auf welchen das Bewusstsein gehoben werden soll, von selbst gegeben; es ist eben diejenige Intensität desselben, bei welcher Erwachen eintritt; nach obiger Auseinandersetzung der Nullpunkt.

Das Maass für die Tiefe des Unbewusstseins, für die Festigkeit des Schlafes also, ist nach dem Vorhergehenden diejenige Intensität der psychophysischen Thätigkeit (gemessen nach ihrer lebendigen Kraft), welche zu der vorhandenen hinzugefügt werden muss, um sie auf den Schwellenwerth und folgendes das Bewusstsein auf den Nullpunkt zu heben; ebenso wie man die Höhe des Vollbewusstseins durch diejenige Intensität der psychophysischen Thätigkeit würde messen können, die von der vorhandenen hinweggenommen werden müsste, um sie auf den Schwellenwerth herabzubringen. An Mitteln, die psychophysische Thätigkeit herabzusetzen, besitzen wir das subjective des Willens, die objectiven der möglichsten Abhaltung aller Reize (?) und die Narcotica; an Mitteln sie zu erhöhen alle Arten von Reizen. Direct können wir aber die psychophysische Thätigkeit nicht messen, wir können nur den Reiz messen, welcher nöthig ist, das Bewusstsein zu erwecken, und es fragt sich, welchem Grade der Erhöhung der psychophysischen Thätigkeit dieser Reiz entspricht. Die von Fechner aufgestellte Formel kann an sich nicht zur Beantwortung dienen, denn sie lehrt nur die Abhängigkeit der Empfindungsintensität von der Reizgrösse kennen, das Mittelglied, das Gesetz der Abhängigkeit der psychophysischen Thätigkeit von der Reizgrösse oder der Empfindungsintensität von der ersteren, fehlt. Denn die Empfindungsintensität  $\gamma$  hängt nicht direct von der Reizgrösse  $\beta$ , sondern von der Intensität der psychophysischen Thätigkeit  $P$  und erst diese direct von  $\beta$  ab, und es kann nun sein

$$\gamma = a \cdot P$$

$$P = \frac{k}{a} \cdot \log \frac{\beta}{b}$$

oder

$$\gamma = k \cdot \log \frac{P}{p}$$

$$P : p = \beta : b$$

wo  $a$  eine Proportionalconstante,  $p$  aber der Schwellenwerth der psychophysischen Thätigkeit ist.

In beiden Fällen bleibt als Schlussresultat\*)

$$\gamma = k \cdot \log. \frac{\beta}{b}$$

und doch gestaltet sich die Anschauung des psychophysischen Geschehens in beiden Fällen wesentlich verschieden. Im ersten Falle wird die Empfindungsintensität direct proportional der psychophysischen Thätigkeit, diese im logarithmischen Verhältniss der Reizgrösse gedacht; im zweiten würde die psychophysische Thätigkeit den Reizgrössen direct, die Empfindungsintensität der psychophysischen Thätigkeit im logarithmischen Verhältniss proportional zu setzen sein. Die Gründe, welche von anderer Seite her zu der zweiten Annahme drängen, übergehend\*\*), weise ich hier nur darauf hin, wie im Falle des Schlafes, wenn das erste Verhältniss Statt fände, für den Punkt, wo ein Reiz = 0 hinreicht, d. h. wo spontanes Erwachen eintritt, der zum Erwecken nöthige Zusatz zur psychophysischen Thätigkeit =  $-\infty$  werden würde; und da die vorhandene doch offenbar positiver und von endlicher Grösse sein muss, so würde das Bewusstsein im Moment des Erwachens negativ unendlich werden. Dies ist aber die psychophysische Repräsentation des Todes für das individuelle Bewusstsein. Dagegen wenn die durch einen Reiz erregte Intensität der psychophysischen Thätigkeit diesem direct proportional ist, so wird im Momente des Erwachens der Zusatz zu der vorhandenen, welcher nöthig ist, sie auf die Schwelle zu heben = 0; d. h. sie erreicht dieselbe auch ohne Zusatz, wie es dem spontanen Erwachen entspricht. Diese Betrachtungen zwingen, die erregte psychophysische Thätigkeit dem Reize direct proportional zu setzen, und wenn dieselbe als Maass für die Tiefe des Schlafes dient, so kann der angewandte Reiz direct dafür substituirt werden.

Bei der Frage nach derjenigen Reizqualität, welche angewendet werden sollte, boten sich von selbst die Schallreize als die passendsten dar, die ja schon im gewöhnlichen Leben die mannigfachste Verwendung zu gleichem Zwecke finden. Mittelst des von Fechner construirten Schallpendels\*\*\*)

\*) Für eine strenge Betrachtung müsste in unserem Falle die psychophysische Thätigkeit als aus zwei Summanden zusammengesetzt behandelt werden: der schon vorhandenen und der durch den Weckreiz ausgelösten. Der Triftigkeit der Schlüsse thut die Vereinfachung der Betrachtung, die ich mir erlaubt habe, keinen Eintrag.

\*\*) Vergl. Fechner a. a. O. II. S. 428.

\*\*\*) Ein Pendelhammer, den man aus verschiedenen, an einem Gradbogen abzulesenden Elevationen kann herabfallen lassen, erregt den Schall durch sein Anschlagen gegen eine dicke Schieferplatte. Die Schallintensitäten verhalten sich, wenn  $\varrho$  der Elevationswinkel ist für  $r = 1$ , wie

konnten verschiedene genau messbare Schallintensitäten erzeugt werden und man brauchte nur zu probiren, welche Schallintensitäten unter verschiedenen Umständen nöthig waren, den Schläfer zu wecken, um die Tiefe des Schlafes unter diesen Umständen zu kennen. Es würde allerdings von hohem Interesse sein, verschiedene Reizqualitäten anzuwenden. Denn es liegt hier ein Mittel vor, die Einwirkung desselben auf die psychophysische Thätigkeit einer quantitativen Vergleichung zu unterwerfen, indem zwei Reize verschiedener Qualität, welche unter gleichen Umständen angebracht, einen und denselben Schläfer erweckten, gleichwerthig für die psychophysische Thätigkeit, als psychophysische Aequivalente anzusehen wären. Und um so wichtiger würde die Bestimmung derselben werden, als man auch von anderer Seite her bei Betrachtung der Interferenzen von Wärme- und Druckempfindungen\*) auf sie geführt wird. Am Ehesten dürften Wärme, Druck, vor Allem aber Elasticität zu verwenden sein. Der Mangel geeigneter Instrumente musste mich vor der Hand davon abstehen lassen, auf diesem Gebiete weiter vorzudringen als bis zur Constatirung der ohnehin feststehenden Thatsachen, es sei möglich, Jemanden durch den Schlag einer Leydener Flasche, durch Application heisser Metallplatten auf die Haut, durch starken Druck zu wecken, so gut wie durch jeden specifischen Sinnenreiz. Selbst Gerüche können verwendet werden: mir haben in dieser Hinsicht Experimente mit Aether, Ammoniak, Benzin und Asa foetida positive Resultate gegeben. So wirkt auch ein Tropfen einer Lösung von schwefelsaurem Cinchonin, erwärmt und mit einem feinen Pinsel auf die Lippen des Schlafenden gebracht, nach einiger Zeit, wenn er durch Diffusion zum Geschmacksorgan geleitet ist, schlafvertreibend. Dass Licht, besonders plötzlich einfallendes, dass Reizungen des Gemeingefühls, dass selbst Träume erweckend wirken können, bedarf kaum der Erwähnung. Zur Messung ist dies Alles nicht brauchbar: doch muss man es im Auge behalten, um etwaige Fehler, die neben der Einwirkung anderer Reize ausser der gemessenen Schallintensität hervorgehen können, zu vermeiden und auszuschliessen.

Die Versuche selbst wurden in der Weise angestellt, dass das Schallpendel auf einem Tisch neben dem Schlafenden fest aufgestellt wurde; ich blieb mit der Lampe, deren Licht direct

1 —  $\cos \varphi = 2 \sin^2 \frac{1}{2} \varphi$ . Die Herleitung dieses Satzes s. bei Fechner a. a. O. S. 179. Beim gebrauchten Instrument ist  $r$  die Länge des Pendels = 52,5 cm.

\*) s. E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl S. 512.

auf das Gesicht der Schlafenden zu fallen gehindert war, daneben. In gewissen Epochen liess ich den möglichst geräuschlos gehobenen Pendelhammer aus einer Höhe herabfallen, von der ich annahm, dass sie noch nicht ausreichen werde, den Schläfer zu wecken, und fuhr nun so mit immer höheren Erhebungen, jede einzelne in Pausen von 1" sechsmal wiederholend, fort, bis ich ein Zeichen des Erwachens am Schläfer bemerkte. Nun wurde die Entfernung des am Nächsten liegenden freien Ohres von dem Punkte der Schieferplatte, wo der Hammer aufschlägt, gemessen und der Versuch alle halben, ganzen Stunden, je nachdem, wiederholt.

Es sind hierbei noch einige Punkte genauer zu erörtern.

Dass man mit dem Lichte, so lange man Versuche anstellen denkt, beim Bette sitzen bleibe, ist unumgänglich nöthig. Denn plötzlich einfallendes Licht kann ja selbst zur Erweckung eines Schlafenden dienen: wird also jedenfalls, auch wenn es nicht zum Erwachen kommt, eine Aenderung in der Tiefe des Schlafes bewirken. Eine gleichmässige Erhellung des Schlafraums durch die ganze Dauer der Versuche kann dagegen zwar die absoluten Werthe etwas herabsetzen, den Gang der Vertiefung resp. Verflachung des Schlafes aber, auf den Alles ankommt, keinesfalls alteriren. Es ist aber wichtig, den Schläfer immer im Auge zu behalten; es kommt darauf an, Zeitpunkte zum Versuche auszuwählen, wo der Schlaf möglichst ungestört ist, oder aber gerade den Einfluss einer Störung zu prüfen. Die Störungen hat man aber gar nicht in seiner Gewalt und ihr Vorhandensein lässt sich nur durch eine ununterbrochene Beobachtung des Schläfers constatiren.

Ich weiss sehr wohl, dass auch die häufige Wiederholung der Schläge von Einfluss auf die Tiefe des Schlafes sein muss. Gleichwohl sah ich kein anderes Mittel, die Grenze festzustellen, bei der das Erwachen erfolgt. In verschiedenen Nächten zu derselben Epoche des Schlafes von oben herein zu probiren, bei welchen Schallintensitäten Erwachen erfolgt, bei welchen nicht, war deshalb unstatthaft, weil die absolute Tiefe des Schlafes in verschiedenen Nächten allgemein variiert; eine Schallintensität also, die in der einen Nacht genügte, noch nicht von vornherein auch in der nächsten für genügend angesehen werden konnte. Abgesehen von einer besonderen Combination der Versuche, wovon weiter unten, habe ich die aus der Wiederholung der Schläge entspringenden Fehler möglichst genau dadurch zu beseitigen gesucht, dass ich zwischen den einzelnen Schlägen kleine Pausen eintreten liess, wobei ich wenigstens sicher war, kein Zeichen



des beginnenden Erwachens zu übersehen. Es ist nicht ganz leicht, den Zeitpunkt des Erwachens anzugeben, ebenso wie den des Einschlafens, und oft lassen sich dieselben nur annäherungsweise und durch Einschliessung in mehr oder minder enge Grenzen mit einiger Genauigkeit feststellen. Es ist wohl denkbar und für manche Fälle gewiss, dass das Einschlafen sowohl als das Erwachen mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit erfolgen kann, indem nämlich das Bewusstsein nicht in allen Sinnesgebieten zu gleicher Zeit zu erlöschen braucht und eine längere Zeit vergehen kann, ehe das Unbewusstsein über alle Gebiete des geistigen Lebens gleichmässig hereinbricht. In älteren Abhandlungen findet man sehr weitläufige und spitzfindige Erörterungen über die Reihenfolge, in der das Einschlafen der einzelnen Sinne und geistigen Fähigkeiten erfolgt, die bei aller Unbeholfenheit der Betrachtung auf ganz richtiger und feiner Beobachtung beruhen. Der Gehörsinn scheint am längsten uns bewusste Wahrnehmungen zuzuführen; am ersten entschwindet wohl der active Wille, d. h. die Fähigkeit intendirte Bewegungen auszuführen. Dieselbe Reihenfolge nur in umgekehrter Ordnung stellt sich heraus, wenn man die Phänomene des Erwachens genau verfolgt; indem zuerst der Gehörsinn wieder zum Bewusstsein erwacht, zuletzt die bewusste Ausführung gewollter Bewegungen möglich wird.

Sehr charakteristisch für den Schlaf und daher für Bestimmung der Zeit des Einschlafens und des Erwachens gleich wichtig ist der Typus des Athmens. Es ist bekannt, wie schwer es fällt, bei Untersuchungen über Tiefe und Frequenz der Athmenzüge an Solchen, die wissen, worum es sich handelt, richtige Resultate zu erlangen, weil die auf das Athmen gerichtete Aufmerksamkeit regelmässig seinen Typus verändert; oft um so mehr, je mehr man sich bemüht, unbefangen zu bleiben. Und so ist denn auch das Athmen des Unbefangenen aller Menschen, des Schlafenden, wesentlich verschieden von dem des Wachenden. Die Athemzüge werden seltener, tiefer, regelmässiger; die Expiration, etwas kürzer als die Inspiration, folgt derselben unmittelbar, dann eine Pause, ziemlich eben so lang als Inspiration und Expiration zusammen genommen, die im Wachen sich nicht findet. Bei gesunder Nasenhöhle ist die Inspiration (vorausgesetzt, dass man keinen Schnarcher vor sich hat) ganz geräuschlos, die Expiration deutlich hörbar; im Wachen findet das Umgekehrte Statt.

Ferner ist auf die Bewegungen des Schlafenden zu achten. Bei einiger Uebung lernt man leicht die eigentlichen Schlafbewegungen von denen unterscheiden, die das Erwachen an-

kündigen. Die Schlafbewegungen sind plumper, ungeschickter, zweckloser — ein tief Schlafender nur entblösst sich, im Erwachen zieht er die Decke wieder zusammen; ein tief Schlafender bleibt oft lange in den unbequemsten Lagen und Stellungen, im Halbschlaf sucht er wiederholt bequemere zu gewinnen. Eigenthümlich sind die offenbar von dem weckenden Schallreize ausgelösten Reflexbewegungen. Es ist mir vorgekommen, dass bei jedem der in abgemessenen Pausen erfolgenden Schläge ein leichtes Zucken, wie ein Lächeln die Lippen des Schlafenden umspielte) oder ein Finger regelmässig sich krümmte und doch die Schläge gleicher und höherer Intensität lange fortgesetzt, kein Erwachen bewirkten. Solcherlei Bewegungen schienen am Leichtesten durch taktmässige Schläge ausgelöst zu werden.

Als eigentliches Kriterium des Erwachens habe ich aber nur die Laute, welche vorhergegangener Verabredung gemäss der Geweckte ausstiess, betrachtet. Die vorhergängige Unterrichtung der dem Schläfe zu Unterwerfenden von der Art und Weise der anzustellenden Versuche und ein fester Vorsatz seinerseits, auch wirklich beim Erwachen das Zeichen zu geben, ist dabei zum Gelingen der Versuche unbedingt nothwendig. Häufig genug findet man die Fälle, wo der Geweckte zwar vollständig bei Bewusstsein ist, sich auch am Morgen genau des Wachseins erinnert (was im Allgemeinen nicht der Fall ist); sich aber doch nicht entschliessen kann, ein Zeichen seines Wachseins von sich zu geben; ähnlich wie man häufig Individuen hat, die, vollständig wach, bei Besinnung und von Geschäften gedrängt, doch sich nicht entschliessen können, das Bett zu verlassen. Ich finde in meinem Beobachtungsjournale folgende unter dem frischen Eindruck eines auf meine Anordnung an mir selbst angestellten Weckversuchs niedergeschriebene Stelle:

„Ich war mir bewusst, dass ich selbst M. gebeten hatte, mich zu wecken, hörte auch deutlich seine Stimme; dennoch war es mir so unerträglich, geweckt zu werden, dass ich im vollen Ernst zornig war über die Erfüllung meiner Bitte. In einem gewissen Trotzgeföhle gegen M. blieb ich liegen wie schlafend.“ Das unangenehme Gefühl, das einen plötzlich Geweckten jedesmal beschleicht, um so stärker, je tiefer sein Schlaf war, macht sich oft in ziemlich harten Worten gegen den unzeitigen Störer Luft und man kann mit ziemlicher Sicherheit aus der mehr oder minder unfreundlichen Begegnung Eines, den man vollständig zu ermuntern sucht, auf die Tiefe und folgendes auf die Dauer seines Schlafes einen Schluss

machen. Deshalb ist es nöthig, zu den Versuchen frische energische Individuen auszusuchen, die sich, wie man zu sagen pflegt, rasch aus dem Schlafe finden können, d. h. die Willenskraft genug besitzen, sogleich mit erwachendem Bewusstsein in Thätigkeit zu treten. Dass dazu ein fester, im Wachen gefasster Vorsatz von Nutzen ist, zeigt schon die Erfahrung des gewöhnlichen Lebens und die Möglichkeit, zu bestimmter Stunde zu erwachen, wenn man es sich fest vorgenommen; ebenso wie man, um Träume zu beobachten, schon im Wachen die Aufmerksamkeit auf sie richten und auch im Schlafe fortwährend gespannt sein muss, sie dem Gedächtniss einzuprägen\*). So äusserten sich auch alle dem Versuche Unterworfenen dahin, sie hätten auch im Schlafe das Gefühl der Erwartung nicht los werden können und deutlich die Anspannung der Aufmerksamkeit auf das zu gebende Zeichen des Erwachens bemerkt. Einer derselben z. B. sagt wörtlich:

„In den ersten Nächten schlief ich mit einiger Spannung und Unruhe ein, die jedenfalls auch ein früheres Erwachen zur Folge hatte. Beim Hören des Schlages (ich wusste jedoch nie, ob es der erste war, oder ob ihm andere vorangegangen) kam mir sofort die Sache ins Bewusstsein; ich antwortete mit vollem Bewusstsein und nahm mir vor, wieder einzuschlafen.

Anders gestaltete sich die Sache im späteren Verlauf\*\*). Die Spannung und Unruhe verlor sich und auch die Art des Erwachens wurde eine andere. Dunkel hörte ich schon mehrere Schläge mit einem gewissen Schmerzgefühl, sie beängstigten mich wie ein Eindruck, dessen man sich wider Willen nicht erwehren kann, und ich musste mich erst ermannen, aus diesem Zustand herauszukommen und zu antworten. Auch war das jedesmalige Wiedereinschlafen absichtsloser und geschah ohne Concurrenz des Willens.

Am Morgen hatte ich keine Totalerinnerung an die einzelnen Versuche; nur derer erinnerte ich mich, wo ich sehr viele Schläge dunkel gehört hatte oder besonders wach geworden war. Im Allgemeinen hatte ich Morgens das Gefühl, als ob ich stets zu spät antworte, dies aber durch lebhafteren Vorsatz am Abend vorher vermeiden könne.“

Diese Worte schildern sehr gut die Vorgänge in dem Ge-  
weckten, die man wohl mit dem Namen der unwillkürlichen

\*) S. Scherner, das Leben des Traumes S. 133.

\*\*\*) Jedenfalls, weil bei fortwährender Gewöhnung an die Versuche mit der Neuheit sich auch das spannende Interesse verlor und der Betreffende anstatt auf die Aufmerksamkeit auf seine Uebung sich glaubte verlassen zu können.

Simulation\*) belegen kann. Es ist demnach begreiflich, warum meist erst auf den 2.—4. Schlag von gleicher an sich zureichender Intensität eine Reaction erfolgte, so dass jede Schallintensität mindestens sechsmal gegeben werden musste, ehe zur nächst höheren fortgeschritten werden konnte, wollte man anders sicher sein, dass die niedere nicht schon den Schläfer zum Bewusstsein gebracht hatte. Wollte man weniger Schläge von einer und derselben Intensität geben und rasch zur folgenden übergehen, so würde der Geweckte oft genug Schläge verschiedener Intensität dunkel hören, und erst bei einer viel höheren, als bei der er wirklich erwacht war, das Zeichen dafür geben. Die Wiederholung der Schläge ist also nöthig, gleichsam um dem Willen Zeit zu geben sich im Gefolge des Bewusstseins zu ermuntern, ehe dasselbe bei dem stetigen Flusse des Seelenlebens wieder verschwindet. Eine Summirung der in der Zeit getrennten, für sich unzureichenden Eindrücke zu einem stärkeren findet hierbei nicht Statt. Denn dass ein noch so häufiges und noch so rasches Wiederholen einer an sich zu geringen Intensität nicht Erwachen bewirken kann, davon habe ich mich durch specielle Versuche überzeugt. Man kann eine solche fünfzig- bis hundertmal in rascherem oder langsamerem Rythmus einwirken lassen, ohne dass Erwachen erfolgt. Selbst ganz nahe an der Grenze vermag die öftere Wiederholung nicht die absolute Insuffizienz auszugleichen.

Diese Thatsachen, zusammengehalten mit den schon erwähnten der Stufenfolge des Erwachens und Einschlafens, sowie einigen Factis des Traumlebens, drängen zu der Annahme, dass die einzelnen Fähigkeiten des Geistes, das erkennende und das wollende Bewusstsein, wenn ich mich so ausdrücken darf, sich auf grössere Intensität der unterliegenden psychophysischen Thätigkeit, nicht im Einzelnen, sondern auf grössere, räumliche oder zeitliche Ausbreitung der psychophysischen Bewegung und also somit allerdings auf eine im Ganzen grössere Summe geleisteter Arbeit reduciren. Man mag sich die psychophysischen Vorgänge beim Erwachen wohl unter dem Bilde erregter Wellenbewegung vorstellen. Wie man hier durch Erregung einer immer gleich starken Welle in abge-

---

\*) Die wahre, d. h. bewusste Simulation, welche auch vorkommt, ist leicht zu entdecken, indem man mit einer Federfahne, einem Pinsel, einem Haare den Verdächtigen leicht kitzelt. Ein Schlafender fährt ungeschickt mit der Hand nach der juckenden Stelle und sucht sich zu kratzen, ein wachender Simulant erträgt den Kitzel lange, ehe er sich rührt, und macht dann gewiss keine so zweckmässige Bewegung wie der Schlafende, aus Furcht sich zu verrathen.

messenen Pausen den einzelnen Wellenberg nicht höher machen kann, doch aber die Summe der entstandenen Bewegung, die geleistete Arbeit eine grössere wird, als bei nur einmaliger Bewegung, so wird in unserem Falle durch die Wiederholung der Schläge das Bewusstsein (als welches eben von der Höhe der einzelnen Schläge abhängt) nicht höher gehoben, doch aber die Möglichkeit einer grösseren Arbeitsleistung in Summa durch, sei es räumlich sei es zeitlich, grössere Ausbreitung der Bewegung gegeben.

Es ist übrigens nicht erforderlich, den Schläfer jedesmal bis zum vollen Bewusstsein zu bringen und es geschieht auch bei der angegebenen Versuchsweise nicht nothwendig, wie schon daraus hervorgeht, dass der Geweckte am Morgen in den wenigsten Fällen sich der angestellten Versuche erinnert. Wenn nur jedesmal ein gleich hoher Werth des Bewusstseins erreicht wird, bleiben die Versuche unter sich vergleichbar, mag nun der Schläfer ganz erwachen oder nicht. Und indem ich die Grenzen der Intensität, wo noch kein Erwachen stattfand, und derjenigen, wo das verabredete Zeichen erfolgte, möglichst eng zog, habe ich als vergleichbaren Werth, d. h. als den Werth, welcher das Bewusstsein auf gleiche Höhen gehoben hätte, den Mittelwerth aus diesen beiden Intensitäten angesehen. Die Berechtigung dazu ist nicht von vornherein gegeben; sie ergibt sich aber mit Evidenz aus den Resultaten, wie man im Folgenden finden wird. Wo es deutlich war, dass der eine oder der andere der beiden Werthe der Wahrheit näher lag, wurde er nach dem Princip der Methode der kleinsten Quadrate mit einem Gewicht versehen in Rechnung gezogen, wodurch es zugleich möglich wurde, die Ungleichheiten bei Bestimmung des Zeitpunktes, des Erwachens in etwas zu compensiren. Der unteren Grenze wurde das Gewicht 2 gegeben, wenn sie eine Aenderung im Typus des Athmens, sonst aber kein Zeichen des Erwachens bewirkt hatte, ebenso wenn sogleich auf den ersten Schlag von nächsthöherer Intensität die Antwort erfolgte; das Gewicht 3, wenn ausser der Aenderung des Athmens noch irgend welche Bewegung bei ihr oder wenn beim ersten Schläge der nächsthöheren Intensität sogleich vollständiges Erwachen erfolgte; das Gewicht 4, wenn zwei Umstände zusammentrafen, deren jeder einzeln ihr ein Gewicht beilegte. Die obere Grenze erhielt das Gewicht 2, wenn die Antwort später als auf den dritten Schlag gegeben wurde; das Gewicht 3 oder 4, wenn der dritte bis fünfte Schlag zwar unsichere Zeichen des Erwachens hervorrief, die Antwort aber erst nach weiteren Schlägen

derselben Intensität oder besonders mürrisch, lang gedehnt und offenbar widerwillig gegeben wurde. Eine gewisse Willkür herrscht immer in der Bestimmung der Gewichte; sie kann aber bei der geringen Schärfe der objectiven Versuchsdaten nicht entbehrt und nach den Eigenthümlichkeiten des ganzen Versuchsfeldes durch Vervielfältigung der Beobachtungen begreiflich nicht ersetzt werden. Man hat nur darauf zu sehen, dass man dabei durch die ganze Versuchsreihe gleichmässig und unparteiisch verfähre und sich frei halte von dem Einfluss etwa gebildeter theoretischer Vorstellungen.

Die Bestimmung der Entfernung vom Ohre zur Schieferplatte, die zur Berechnung der Schallintensitäten und zur Reduction derselben auf einerlei Entfernung nöthig wird, ist bei der Vorsicht, mit welcher die Berührung des Schläfers vermieden werden muss, immer mit einigen Schwierigkeiten verknüpft. Indess kann der Fehler dabei nie mehr als 0''5 betragen. Eine Reduction aber auf einerlei Entfernung ist nöthig, da die Intensitäten beim Schwanken der Entfernung von 24'' auf 38'', wie es vorkommt, bei derselben Intensität bis über das Doppelte variiren können. Und obgleich das Gesetz von der Abhängigkeit der Schallintensitäten von dem Quadrate der Entfernung streng genommen nur für den idealen Fall gilt, dass die Schallwellen von einem Punkte aus im freien Raume sich mit kugelförmiger Oberfläche verbreiten und, worauf Fechner mich aufmerksam machte, in eingeschlossenen Räumen empirisch dasselbe seine Gültigkeit verliert: so treffen doch in unserem Falle die von einem Punkte, dem Ausschlagspunkte des Pendelhammers, ausgehenden Schallwellen das Ohr des Schläfers, ehe sie mit den von den Zimmerwänden reflectirten interferiren können, und in Uebereinstimmung damit ergibt der directe Versuch bei so kleinen Entfernungen, wie sie hier vorkommen, keine merkliche Abweichung von dem angeführten Gesetze. Als Einheit der Entfernung ist der Leipziger Fuss = 31,cm3 angenommen und unter Reduction auf diese Entfernung wird die Formel für diese Bezeichnung der Schallintensitäten

$$I = \frac{288 \cdot \sin^2 \frac{1}{2} \rho}{e^2}$$

wo I die Schallintensität,  $\rho$  der Elevationswinkel, e die Entfernung des am Nächsten liegenden freien Ohres vom Anschlagpunkt des Pendelhammers, in Zollen gemessen, bedeutet. Die Ableitung der Formel ist an sich klar, wenn man sich erinnert, dass r, die Pendellänge, = 1 gesetzt werden sollte. Die Einheit der Schallintensität ist darnach die Intensität eines

Schalles, wie er durch das Herabfallen des beschriebenen Pendelhammers von 52<sup>cm</sup>,5 Länge auf die Schieferplatte aus einer Elevation von 90° erzeugt wird, in einer Entfernung von 12'' von dem Anschlagpunkte des Hammers. Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu bemerken, dass die Angabe der Intensitätswerthe in vierstelligen Decimalen lediglich aus der Wahl dieser Einheiten hervorgeht, nicht aus der lächerlichen Anmassung in physiologischen Versuchen die Genauigkeit astronomischer Messungen erreichen zu wollen.

Ich setze zunächst acht Reihen roher Beobachtungen hierher, wie ich sie in acht auf einander folgenden Nächten im späteren Verlauf meiner Versuche an einem und demselben Individuum erhalten habe. Dabei erscheint es zweckmässig, die Fälle, wo das rechte Ohr dem Instrumente zunächst lag, von denen zu sondern, wo dies mit dem linken der Fall war. Eine Reduction auf eine Schallstärke, wie sie ein und dasselbe Ohr dem empfindenden Apparate zugeführt haben würde, ist deshalb zu gewagt, weil nicht a priori angenommen werden kann, das dem Instrumente zunächst liegende Ohr habe auch wirklich den weckenden Schallreiz percipirt; im Gegentheil ist wohl denkbar, dass z. B. bei näher liegenden linkem Ohr, wenn es eines stärkeren Schalles bedurfte als im entgegengesetzten Falle, doch das rechte denselben dem Bewusstsein zuführte, das linke, weniger empfindlich, ihn nicht wahrnahm. Wenn man aber nur die Fälle, wo der Schläfer eine gleiche Lage gegen das Instrument einnahm, unter einander vergleicht, so hat man jeden Falls gleiche Umstände, und da sowohl für das rechte als für das linke Ohr ausreichende Beobachtungen vorhanden sind, so hindert nichts, die Betrachtung auf je einen Fall zu beschränken. Die Bestimmung des Verhältnisses der Hörfeinheit beider Ohren wurde, falls doch eine, immerhin unsichere Vergleichung der beiderseitigen Beobachtungen wünschenswerth wäre, nach drei Methoden vorgenommen. Erstens wurde das Schallpendel so lange hinter dem Rücken des zu Prüfenden nach rechts oder links verschoben, bis derselbe die durch gleiche Elevationen erzeugten Schallintensitäten mit beiden Ohren als gleich empfand — die Empfindlichkeiten beider Ohren verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen; 2) wurde untersucht, welche verschiedenen Intensitäten bei gleicher Entfernung beider Ohren mit einem oder dem anderen Ohre aufgefasst, für gleich gehalten wurden — die Empfindlichkeiten verhalten sich direct wie die für gleich gehaltenen Schallintensitäten und endlich 3) wurde das Schallpendel so lange hinter dem Rücken des

zu Prüfenden nach rechts oder links verschoben, bis er, beide Ohren gebrauchend, den in beliebiger Intensität erzeugten Schall als gerade von hinten kommend empfand — die Empfindlichkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen. Die letzte Methode bietet den Vortheil, dass man an keine bestimmte Elevation gebunden ist und der Geprüfte beide Ohren zugleich gebrauchen kann: sie beruht darauf, dass man die Richtung, aus der ein Schall kommt, nach der grösseren oder geringeren Stärke beurtheilt, mit der er in dem einen oder andern Ohre empfunden wird. Im vorliegenden Fall ergaben zahlreiche Versuche im Mittel unter befriedigender Uebereinstimmung der nach verschiedenen Methoden gewonnenen Resultate, dass das rechte Ohr etwa doppelt so fein hörte, als das linke; d. h. dass eine doppelt so starke Schallintensität mit dem linken der einfachen mit dem rechten Ohre aufgefasst gleich erschien.

Aus nahe liegenden zum Theil schon erörterten Gründen konnte nur sehr selten eine Vollständigkeit in den Versuchsreihen erzielt werden und musste ich mich begnügen, in Bezug hierauf, wie in Bezug auf die Epochen der Versuche, die auch nicht vollständig in die Hand des Experimentators gelegt sind, die möglichste Annäherung an das Ideal einer genauen Beobachtungsreihe zu erreichen.

Die untere Grenze ist diejenige Intensität, bei welcher noch kein Erwachen Statt fand, die obere die, wo die verabredete Antwort gegeben wurde. Dass beide Werthe nicht immer in gleichem Verhältniss zu einander stehen, folgt daraus, dass nach der Anordnung der Versuche nicht von einem Intensitätswerthe zum höheren, sondern von einer Elevation zur andern fortgeschritten werden musste; mit anderen Worten, dass die obere Grenze nicht mit  $\frac{288. \sin^{2\frac{1}{2}} \varrho}{e^2}$  sondern

mit  $\frac{288. \sin^{2\frac{1}{2}} (\varrho + 5^\circ)}{e^2}$  proportional geht; — ein Umstand,

der sich mit dem mir zu Gebote stehenden Instrumente nicht gut ohne Verletzung wichtigerer Rücksichten vermeiden liess, auch auf die Discussion der Resultate einen störenden Einfluss nicht ausübt.



## Das linke Ohr lag dem Instrumente am Nächsten.

Dauer des Schlafes.	Untere Grenze.								Obere Grenze.							
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
0,15	0,0400	0,0610							0,0611	0,0931						
1,0	0,0000	0,0157		0,1299					0,0400	0,0244		0,1464				
1,5	0,0000	0,0088	—	0,0185			0,0207		0,0096	0,0157	—	0,0264			0,0280	∞
2,0	—	0,0308	0,0122	0,0000			0,0000		—	0,0416	0,0217	0,0028			0,0006	∞
2,5	—	0,0033	0,0039	—			0,0000		—	0,0133	0,0089	—			—	0,0387
3,0	—	0,0008	0,0000	—			—		—	0,0035	0,0036	—			—	0,0024
3,5	—	0,0008		—	0,0005		—		—	0,0028		—	0,0002		—	0,0006
3,75	0,0021								0,0035							—
4,0	—		0,0008	—	0,9000		—	0,0480	—		0,0035	—	0,0005		—	0,0733
4,33..	—	—		—					—			—				—
4,5	—		0,0000	—					—		0,0008	—				0,0099
5,0	—		0,0000	—			0,0005		—		0,0002	—			0,0023	—
5,33..	—	0,0000		—					0,0008			—				—
5,5	—		0,0038	—	0,0001.9					0,0008			0,0005			—
5,75	—			—		0,0006				0,0060				0,0026		—
6,0	—		0,0002	—	0,0002	0,0085	0,0000			0,0006			0,0007	0,0150	0,0006	—
6,16..	—	0,0165		—					0,1234			—				—
6,25	—			—						0,0007		—				—
6,5	—	0,0192		—								—				—
7,0	—	0,0000		—					0,0274			—				—
7,5	—	0,0000		—	0,0005				0,0001			—	0,0022			—
8,0.	—	0,0004		—	0,0000				0,0006			—	0,0000.3			—

Das rechte Ohr lag dem Instrumente zunächst.

Dauer des Schlafes in Stunden.	Untere Grenze.								Obere Grenze.							
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	—	—	0,0030	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	0,00000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	0,00000	—	—	0,00022	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,0	0,00015	—	—	0,00003	0,0468	0,00006	0,0035	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,5	0,00000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,0	0,00003	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,33..	—	0,0008	—	0,00009	—	0,00000	0,0188	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,5	—	—	—	—	0,00000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,0	—	—	—	0,00005	0,00000	0,0120	—	0,0113	—	—	—	—	—	—	—	—
5,33..	—	—	—	—	—	0,0054	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,5	—	—	—	—	—	0,0164	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,16..	—	—	—	0,00000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,25	—	—	—	—	—	—	0,00000	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,5	—	—	—	—	0,0020	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,0	—	—	—	0,00000	0,0000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Unendlichkeitszeichen bedeuten, dass eine Antwort selbst durch die höchsten Schallintensitäten nicht erzielt werden konnte; die Striche in den einzelnen Fächern, dass der entsprechende Versuch bei zunächst liegendem rechtem resp. linkem Ohre angestellt werden, also in der zweiten Tabelle seinen Platz finden musste, und das 0,0000 in den einzelnen Columnen nicht den Eintritt des spontanen Erwachens, sondern dass erst in der 5. resp. 6. Decimalstelle die Ziffer erscheinen würde, deren genaue Angabe auf unnütze Spitzfindigkeit hinausgelaufen wäre.

Es lässt sich schon an diesen Reihen deutlich erkennen: 1) dass eine Verschiedenheit in den zum Erwecken nöthigen Schallintensitäten vorkommt je nach der Epoche, in welcher der Versuch angestellt wurde; derart, dass oft die obere Grenze in einer späteren Epoche niedriger ist als die untere in einer früheren; 2) dass im Allgemeinen ein gleichmässiger und übereinstimmender Gang der obern Grenzwerte einer, der untern andererseits sich findet; 3) dass in dem Gange sowohl der Ober- als der Untergrenzen zwischen den einzelnen Versuchsreihen eine hinlängliche Uebereinstimmung Statt hat. Diese Bemerkungen stellen die Möglichkeit und Berechtigung der angestellten Versuche ausser Zweifel (dass in ihnen ein Maass gegeben sei, ist hierdurch noch nicht entschieden und muss dieserhalb auf die Vorbemerkungen verwiesen werden) und zugleich erlauben sie, die Betrachtung zu vereinfachen durch Beschränkung derselben auf die aus den entsprechenden Ober- und Untergrenzen zu nehmenden Mittel, wobei durch Berücksichtigung der Gewichte der directen Beobachtung Rechnung zu tragen ist. Diese Mittelwerthe werden als diejenigen Schallintensitäten angesehen, welche in den verschiedenen Epochen eben hingereicht haben würden, den Schläfer zu erwecken. Ihnen also wird, früher besprochenen Sätzen gemäss, die Tiefe des Schlafes direct proportional gesetzt. Sie sind in der folgenden Tabelle enthalten.

Dem Instrumente lag zunächst

Dauer des Schlafes in Stand.	das linke Ohr.								das rechte Ohr.							
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
0,5	0,0506	0,0717	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	0,0200	0,0186	—	0,1381	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	0,0048	0,0111	—	0,0244	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,0	—	0,0344	0,0169	0,0021	—	—	0,0262	∞	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	—	0,0066	0,0056	—	—	—	0,0003,5	∞	—	—	—	—	—	—	—	—
3,0	—	0,0021	0,0018	—	—	—	—	0,0195	0,0011	—	—	—	—	—	—	—
3,5	—	0,0020	—	—	—	—	—	0,0018	0,0007	—	—	—	—	—	—	—
3,75	0,0028	—	—	—	0,0016	—	—	0,0002	0,0028	—	—	—	—	—	—	—
4,0	—	—	0,0017	—	0,0003	—	—	—	0,0002	—	—	—	—	—	—	—
4,33..	—	—	0,0004	—	—	—	0,0649	0,0005	0,0016	—	—	—	—	—	—	—
4,5	—	—	0,0000,7	—	—	—	—	0,0005	0,0016	—	—	—	—	—	—	—
5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,33..	0,0003	0,0003	0,0046	—	0,0003	—	0,0011	0,0070	—	—	—	—	—	—	—	—
5,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,75	—	—	—	—	0,0004,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	—	—	0,0004	—	0,0004,5	—	0,0101	0,0004	—	—	—	—	—	—	—	—
6,16..	—	0,0432	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,5	—	—	0,0002	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,0	—	0,0233	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	—	0,0000,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,0	—	0,0004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Werfen wir einen vergleichenden Blick auf die Zahlenreihen dieser und der vorigen Tabellen, so finden wir wieder in dem Gange der Mittelwerthe eine beachtenswerthe Uebereinstimmung sowohl der verschiedenen Reihen unter einander, als auch jeder Reihe mit den entsprechenden Reihen ihrer Ober- und Untergrenzen und hierin die Bürgschaft ihrer Berechtigung.

Wenn wir allerdings die für dieselbe Epoche in verschiedenen Nächten gefundene Tiefe des Schlafes auf ihren absoluten Werth vergleichen, so ergeben sich gar bedeutende Unterschiede, und man könnte hieraus einen Einwand gegen eine Maassmethode überhaupt hernehmen wollen, welche so wenig constante Resultate liefert. Die vorliegenden sind noch dazu an einem und demselben Individuum in auf einander folgenden Nächten gewonnen und zu einer Zeit, wo demselben bei sehr gleichförmiger Lebensweise wenig Veranlassungen zu Störungen sich darbieten. Allein die absoluten Werthe sind es auch nicht, worauf die Versuche abzielen: in dem, worauf sie gerichtet sind, in dem Gange der Vertiefung und Verflachung zeigt sich eine hinlängliche Uebereinstimmung aller Versuchsreihen, um den Schluss zu erlauben, dieser Gang sei ein gesetzmässiger, von den verschiedenen Nebenumständen, die den Schlaf tiefer oder leiser machen können, unabhängiger. Die aus ihnen abzuleitenden Gesetze und Thatsachen können daher auf eine Bedeutung in Bezug auf die absolute Tiefe des Schlafes keinen Anspruch machen und nur für den Gang der Vertiefung resp. Verflachung desselben Geltung erlangen.

Im Allgemeinen ist leicht zu übersehen, dass in der ersten Stunde des Schlafes die höchsten Intensitäten erreicht werden, von da ab, anfangs in rascher Abnahme, dann langsamer und immer langsamer, geringere zum Erwecken hinreichen. Hier ist nun zunächst dem Einwand zu begegnen, als ob die auffällige Grösse dieser Anfangswerthe nicht davon abhängt, dass der Schlaf erst eine halbe resp. ganze Stunde gedauert habe, sondern davon, dass die Versuche zu dieser Zeit eben die ersten waren. Ich habe zu dem Ende zu verschiedenen Epochen den Anfang mit den Versuchen gemacht und verweise auf die Versuche Epoche 1<sup>h</sup>,5 nach dem Einschlafen, die eine überraschende Gleichmässigkeit zeigen, mögen sie die ersten sein oder folgen. Weniger Gewicht möchte auf den Versuch Epoche 3<sup>h</sup>,0 der fünften und sechsten Reihe zu legen sein, weil dem der sechsten Reihe, die überhaupt nur mit Vorsicht zu verwenden ist, ein unbrauchbarer Versuch, allerdings um eine ganze Stunde, vorausging, bei dem der Schläfer, nachdem

über 60 Schläge verschiedener Elevationen bis zu einer Intensität von 0,0953 gegeben waren, plötzlich sich ermunterte und schon lange wach zu sein erklärte.

Streichen wir aber einmal, um den supponirten Einfluss des Umstandes, dass ein Versuch der erste einer Reihe ist, zu eliminiren, den ersten Versuch einer jeden Reihe, was erhalten wir? Abgesehen davon, dass uns für die erste halbstündliche Epoche jeder Werth verloren geht und für die zweite ein sehr niedriger erhalten bleibt, der sicher im Allgemeinen nicht richtig ist, so bleibt übrigens der Gang des Schlafes genau derselbe, durch rasche Vertiefung im Anfang, einen Maximalwerth innerhalb der ersten Stunden nach dem Einschlafen und langsame Verflachung gegen das Erwachen hin charakterisirt.

Und nun betrachte man die Anfangswerthe für sich, gleichsam in einer Reihe vereinigt, so wird man wieder, soweit Anfangswerthe vorhanden sind, denselben Gang der Vertiefung und Verflachung finden. Auf diesen allein kommt es ja an. Der absolute Werth mag allerdings, wenigstens lässt sich dies von vornherein nicht ableugnen, durch das Gefühl der Erwartung, von dem wir gesehen haben, dass es dem Schläfer beschwerlich fällt, beeinflusst sein, es ist aber nicht abzusehen, wie es einen besonderen Einfluss auf den ersten der angestellten Versuche ausüben und nicht vielmehr alle gleichmässig influenziren soll.

Die Hauptsache ist, dass wir aus den Tabellen sehen, wie ein vorausgegangenes Erwecken durchaus nicht eine Verflachung des Schlafes zur Folge hat; vielmehr sehen wir so oft auf eine kleinere Intensität im nächsten Versuche eine grössere folgen, dass wir überhaupt die Thatsache von der allmäligen Verflachung des Schlafes gegen sein Ende hin zunächst nur auf den allgemeinen Eindruck der vorgeführten Beobachtungsreihen, nicht auf eine genaue Discussion der einzelnen Werthe gestützt haben. In der That wirkt auch ein vorausgegangenes Erwecken vertiefend auf den Schlaf, nicht verflachend; d. h. der Schlaf wird nach einer Störung tiefer, als er gewesen sein würde, wenn dieselbe nicht Statt gefunden hätte. Diese nur für den ersten Augenblick auffällige Thatsache (s. S. 236) ergibt sich zunächst aus mehrfachen directen Versuchen. In der IV. Reihe erfolgte in der Epoche 4<sup>h</sup>,916.. bei einer Intensität von 0,0008 ein von dem verabredeten etwas verschiedenes aber sicheres Zeichen des Wachseins — nach einer Pause von 2' war eine Schallstärke von 0,0215 noch nicht zum Erwecken hinreichend. In derselben Reihe in der Epoche 6<sup>h</sup>,66.. bei

einer Intensität von 0,0055 ein mit jedem Schlage sich wiederholendes Zucken eines Fingers und eine Aenderung im Typus des Athmens, 2' darauf war eine Intensität von 0,0266 noch nicht hinreichend, ein Lebenszeichen hervorzurufen. Sehr schlagend ist ein Versuch der VI. Reihe, wo in der Epoche 6<sup>h</sup>,0 eine Intensität von 0,0150 dem Schläfer die verabredete Antwort entlockte; als der Athem wieder ruhig geworden war, was höchstens eine halbe Minute Zeit erforderte, wurde mit den Versuchen fortgefahren und nun reichte eine Intensität von 0,0229 noch nicht zum Erwecken hin. Ebenso in Epoche 5<sup>h</sup>,75, wo der Schläfer auf eine Intensität von 0,0006 antwortete, unmittelbar folgendes aber eine von 0,0054 noch keinen Erfolg hatte und ebenso in der VII. Reihe, wo in Epoche 2<sup>h</sup> eine Intensität von 0,0006 hinreichend war, unmittelbar darauf eine von 0,0186 noch nicht genügte. In derselben Reihe war in einem und demselben Versuche, um eine dreimalige Antwort zu erzwingen, Anfangs eine Intensität von 0,0004 hinreichend, unmittelbar darauf genügte eine von 0,0164, zum dritte Male eine von 0,0694 noch nicht. Der ganze Versuch dauerte fünf Minuten. Auch ein Versuch der VII. Reihe ist hierher zu ziehen, wo der Schläfer bei einer Intensität von 0,0099 Töne ausstieß, verschiedene Bewegungen machte und taktmässig bei jedem Schlage das Gesicht äusserst schmerzhaft verzog, unmittelbar darauf aber Intensitäten bis 0,2568 ohne Erfolg blieben. Einige weitere Versuche über diesen Punkt werden späterhin zu erwähnen sein.

Betrachten wir aber die Zahlen der dritten Tabelle etwas genauer, so finden wir in der Periode der zunehmenden Verflachung des Schlafes auffallende Unregelmässigkeiten. Als Unregelmässigkeiten ist man nämlich die fast in jeder Reihe vorkommenden Abweichungen von dem Werthe, den ein gleichmässiger Gang fordern würde und der leicht durch Interpolation gefunden werden kann, zu betrachten genöthigt, weil diese Abweichungen regellos durch das ganze Versuchsfeld zerstreut vorkommen, dadurch keine Constanz weder in ihrem Auftreten noch in ihrer absoluten und relativen Grösse erkennen lassen und vorzugsweise in der Periode des späteren, flacheren, unruhigeren Schlafes sich zeigen. Hier nun kommt uns die directe Beobachtung zu Statten. Ueberall nämlich, wo eine Abweichung vom gewöhnlichen Gänge derart vorkommt, dass der Schlaf tiefer gewesen, als man nach den im vorhergehenden und folgenden Versuche erhaltenen Werthen hätte annehmen müssen, findet sich im Beobachtungsjournale eine Schlafbewegung, ein Kratzen, ein Hustenstoss, ein spon-

tanes Stöhnen, Schlafreden oder auch eine von aussen kommende Störung, ein Geräusch etc. ohne Reaction von Seiten des Schlafers als dem Versuche unmittelbar vorausgehend angegeben. All dies deutet aber darauf hin, dass der Schlaf in diesem Augenblicke kein normaler, ungestörter war und so tritt diese Thatsache in unerwarteten Zusammenhang mit den Resultaten der eben angeführten Versuche. So ist bei dem Versuche der I. Reihe Epoche 3<sup>h</sup>,0 bemerkt: „3' vorher lebhaftes Dehnen und Gähnen in tiefster Stille“; so gingen dem Versuche der I. Reihe Epoche 3<sup>h</sup>,75 Schlafbewegungen, Dehnen und Augenreiben 2' voraus; so beim Versuche Epoche 2<sup>h</sup>,0 der II. Reihe: „mehrfache lebhafte Bewegungen kurz vorhergegangen“, ebenso bei Epoche 4<sup>h</sup>,33.. derselben Reihe (die Intensität stellt sich für das linke Ohr auf 0,0032). So beim Versuche der Epoche 6<sup>h</sup>,16.. derselben Reihe: „ganz spontan lebhaftes Dehnen und Rücken. Der Versuch wird sogleich begonnen.“ Auch bei Epoche 5<sup>h</sup>,5 der III. Reihe sind dem Versuche vorausgehende Bewegungen angegeben. Die hohe Intensität bei Epoche 6<sup>h</sup>,0 der VI. Reihe erscheint bedingt durch vorhergehende Erweckungen von Viertelstunde zu Viertelstunde, wobei gerade der unmittelbar vorausgehende Versuch, weil doppelt angestellt (s. S. 231) 10' in Anspruch genommen hatte. In der VIII. Reihe endlich ist dem Versuche Epoche 4<sup>h</sup>,0 ein Erwachen zum vollständigen Bewusstsein vorhergegangen, vielleicht veranlasst durch den Reiz einer angezündeten Cigarre, einen für den Nichtraucher, der dem Versuche unterworfen war, hinlänglich starken Reiz. Gerade auf diesen Versuch möchte ich besonderes Gewicht legen, insofern er die rasche Vertiefung des Schlafes nach dem Einschlafen, auch nachdem schon mehrfache Versuche vorhergegangen waren, schlagend beweist. Der Versuch der Epoche 4<sup>h</sup>,5 derselben Reihe ist unrein, da hier durch die angegebene Intensität zwar verschiedene Töne und Bewegungen, aber nicht die verabredete Antwort hervorgerufen wurde; — es wurde bis zu einer Intensität von 0,2586 gegangen, ohne dass dieselbe erzwungen werden konnte. So mag leicht auch hier ein vollständiges Erwachen Statt gefunden haben, ohne dass der Betreffende ein Zeichen davon gegeben hat und hiervon möglicher Weise die hohe Intensität in Epoche 5<sup>h</sup>,0 abhängen, in Verbindung mit kleineren, dem letzteren Versuche kurze Zeit vorhergegangenen Bewegungen. Aus den Reihen für das rechte Ohr ist der Versuch Epoche 3<sup>h</sup>,0 der I. Reihe bereits erwähnt, ebenso der Versuch Epoche 4<sup>h</sup>,33.. der II. Der Versuch der Epoche 4<sup>h</sup>,33.. der VI. Reihe ward



gestört durch einen mit heftigem Gerassel draussen vorübergefahrenen Wagen, dessen Gepolter, stärker als die zum Erwecken nöthige Schallintensität, als Weckreiz gewirkt hatte. Auch bei Epoche 5<sup>h</sup>,5 der VI. und bei Epoche 4<sup>h</sup>,0 der VII. Reihe sind mannigfache Bewegungen dem Versuche unmittelbar voraufgegangen.

Ausserdem finde ich noch bei Epoche 3<sup>h</sup>,0 der III. und VII., Epoche 4<sup>h</sup>,0 der III. und 4<sup>h</sup>,5 der V. Reihe dem Versuche vorher gehende geringe Bewegungen notirt: allein in allen diesen Fällen ist auch die Annahme, der erhaltene Werth sei ein zu grosser, durchaus nicht auszuschliessen; sie wird sogar wahrscheinlich, wenn man bedenkt, dass die Intensitäten für das rechte Ohr den doppelten für das linke äquivalent sind. Ebenso sind den Versuchen Epoche 1<sup>h</sup>,5 der III. und der VII. Reihe sehr bedeutende Schlafbewegungen voraufgegangen und nur darum sind diese Versuche oben nicht mit aufgeführt worden, weil bei ihnen, wegen mangelnder Vorversuche, die Erhöhung der Intensität nicht zu beweisen war. Ebenso verhält es sich mit dem Versuche Epoche 1<sup>h</sup>,0 der IV. Reihe. Jetzt dürfen wir wohl den Schluss umkehren und sagen: da hier solche Störungen vorhergegangen waren, muss der Schlaf tiefer gewesen sein als normaler Weise — und also dienen diese Versuche mit zum Beweis, dass nicht der erste Versuch überhaupt, sondern der Versuch in den ersten Perioden des Schlafes die grössten Werthe für dessen Tiefe ergibt.

Dass ausser in den angeführten Fällen noch bei Epoche 4<sup>h</sup>,0 der III. Reihe und 2<sup>h</sup>,0 der IV. Reihe geringe Bewegungen kurz vor dem Versuche notirt sind, kann bei der geringen Anzahl dieser widersprechenden, der überwiegenden der zustimmenden Fälle das Resultat nicht beeinträchtigen. Es versteht sich wohl von selbst, dass die Beobachtungen mit der grössten Strenge angestellt, notirt und discutirt sind. Das Beobachtungsjournal enthält für jede Reihe nur die allerrohesten Beobachtungen und ist so geführt, dass die Resultate der Discussion vorhergehender Betrachtungen auf die folgenden keinen Einfluss haben konnten, indem sogar die Berechnung der Intensitäten aus Elevation und Entfernung erst nach Beendigung der ganzen Versuchsreihe vorgenommen wurde.

Zunächst stösst nun die Frage auf, wie lange Zeit hinaus eine Störung ihren vertiefenden Einfluss ausübt. Ihre Beantwortung ist von Wichtigkeit für die Beurtheilung der Anordnungsweise der Versuche. Folgende Thatsachen mögen zur Entscheidung dienen.

In der II. Reihe Epoche  $2^h,75$  ward der Schläfer plötzlich mit einer Intensität von  $0,2309$ , also jedenfalls vollständig erweckt: eine Viertelstunde darauf ergab der regelmässige Versuch, wie man aus der Tabelle sieht, keine nennenswerthe Abweichung. In der ersten Reihe entstand  $10'$  nach dem Versuche Epoche  $2^h,0$  ein leichtes Rascheln eines umgelegten Blattes Papier: der Schläfer gab bei diesem viel geringeren Weckreize das verabredete Zeichen, so dass also hier das zehn Minuten voraufgegangene Erwecken einen Einfluss nicht mehr haben konnte. Dem Versuche Epoche  $4^h,33.$  der II. Reihe ist ebenfalls zehn Minuten eine mächtige Schlafbewegung voraufgegangen — möglicher Weise lässt sich hier bei Reduction auf das linke Ohr noch eine Vertiefung constatiren, keinesfalls aber ist sie bedeutend. Der Versuch Epoche  $3^h,0$  der III. Reihe ist sogleich nach eingetretener Ruhe angestellt; wir haben gesehen, dass das Resultat vielleicht doch als zu gross angesprochen werden muss. Auch dem Versuch Epoche  $1^h,5$  derselben Reihe ist eine mächtige Schlafbewegung, wobei der Schläfer sich stark entblösste und trotz starker Kälte längere Zeit so liegen blieb, zehn Minuten vorhergegangen: ihr Einfluss ist nicht in die Augen springend. In der Epoche  $2^h,25$  der IV. Reihe erfolgte eine sehr heftige Bewegung. Unmittelbar folgend hatte eine Intensität von  $0,00002$  im rechten Ohre Erfolg; eine Minute darauf genügte dieselbe nicht mehr und war eine von  $0,0005$  erforderlich. Dieselbe genügte aber auch nach zehn Minuten wieder. Wir sehen daraus, was schon von vornherein anzunehmen war, dass auch die Vertiefung nach einer Störung eine gewisse, wenn auch kurze Zeit erfordert; zugleich dass nach zehn Minuten der Einfluss einer solchen, wenn nicht ganz ausgelöscht, doch nicht mehr merklich ist. Daher kann man auch den hohen Werth in Epoche  $7^h,0$  der II. Reihe nicht wohl auf Rechnung des vorhergehenden Versuches in Epoche  $6^h,16.$  setzen (dieser Versuch ist während lebhaften Dehnens und Rückens begonnen und dauerte, weil stufenweise fortschreitend bis zu beträchtlichen Elevationen gegangen werden musste, ziemlich lange) sondern muss hier eine unbekannte, keine Reaction nach Aussen veranlassende Störung annehmen, zumal der Abfall vom Werthe in Epoche  $6^h,16.$  zu dem der Epoche  $7^h,0$  in gar keinem Verhältniss steht zu dem vom Werthe dieser Epoche zu dem der Epoche  $7^h,5$ . So fallen denn auch die meisten der angegebenen Bewegungen in die letzten fünf Minuten vor Beginn des Versuches; keine ist dem Versuche länger als zehn Minuten vorhergegangen. Dass übrigens die

Intensität der Störung auf die Dauer von Einfluss ist, davon weiter unten.

Hieran schliessen sich die viertelstündlich wiederholten Versuche. Es sind deren in der VI. und in der VII. Nacht je eine Reihe angestellt worden. Leider sind die Resultate nicht recht brauchbar, weil gerade bei diesen Reihen mannigfache Störungen einfielen; wie denn fast alle hierher gehörigen Versuche schon unter den angeführten erwähnt sind. Doch möchte gerade dieser Umstand darauf hindeuten, dass eine so häufige Wiederholung der Versuche auf das Resultat nicht ohne Einfluss ist. Auch darauf ist hinzuweisen, dass die durch viertelstündlich wiederholte Versuche erlangten Werthe im Allgemeinen zu gross erscheinen, und wenn wir nach zehn Minuten den Einfluss einer Störung noch nicht ganz überwunden sehen, so ist gerade hier, wo bei hohen Intensitäten der einzelne Versuch oft mehr als 5' in Anspruch nahm, schon a priori eine Störung des folgenden Versuches durch den vorhergehenden anzunehmen. Wenn man aber zwischen den einzelnen Versuchen Pausen von einer halben Stunde eintreten lässt, so ist dies sicher nicht mehr der Fall. Denn zwischen den Resultaten bei halb- und bei ganzstündlicher Wiederholung der Versuche zeigt sich kein Unterschied, den man nicht auf unvermeidliche Beobachtungsfehler und zufällige Störungen zurückführen könnte. Bei graphischer Darstellung stellt sich dies deutlich heraus: die entstehenden Curven bleiben im Wesentlichen vollständig gleich, mag man nun, die Schlafdauer als Abscisse genommen, für halb-, für ganz- oder für zweistündliche Abschnitte die Ordinaten construiren.

Welches ist nun der Sinn der gefundenen Beobachtungsthatfachen? Die Bewegungen des Schlafenden, sein Kratzen, sein Husten, sein Sprechen sind offenbar durch Reize ausgelöste Reflexbewegungen. Jeder Reiz muss aber eine Erhöhung der psychophysischen Thätigkeit zur Folge haben. Jene Erscheinungen beweisen also, dass eine dergleichen stattgefunden hatte; wie ja eben Bewegungen nur dann zu Stande kommen, wenn die Intensität der psychophysischen Thätigkeit eine gewisse Schwelle übersteigt. Dasselbe erfolgt bei Einwirkung äusserer Reize (Geräusch etc.), die den Schlaf in der Folge ebenfalls vertiefen. Die Erfahrung lehrt also im Sinne der Vorbemerkungen, dass auf jede plötzliche Erhöhung der Intensität der psychophysischen Thätigkeit im Schlafe (natürlich ohne dass dieselbe dadurch über die Schwelle gehoben zu werden braucht) eine Verminderung derselben erfolgt, so dass sie unter den Werth sinkt, den sie bei stetigem Gange

zur selben Zeit erreicht haben würde\*). Begreiflich wird diese Verminderung unter das Normal in einem gesetzlichen Abhängigkeitsverhältniss zur vorhergehenden anomalen Erhöhung auch der Qualität nach stehen — und so sehen wir in der That nach vollständigem Erwachen, wobei die psychophysische Thätigkeit bis über die Schwelle gehoben war (Epoche 2<sup>h</sup>,0 Reihe II. und Epoche 4<sup>h</sup>,0 Reihe VIII.), die folgende Vertiefung des Schlafes eine höchst bedeutende werden und die dadurch veranlasste Unregelmässigkeit am Auffallendsten. Natürlich wird auch die auf Störung folgende Verminderung und Erhöhung der psychophysischen Thätigkeit einen gesetzmässigen Gang nehmen und der numerische Einfluss einer Störung ebenso von der seit derselben verflössenen Zeit abhängen, wie die Festigkeit des Schlafes überhaupt von seiner Gesamtdauer. Es ist wohl die Analogie nicht zu weit getrieben, wenn man für die Vertiefung in Folge einer Störung denselben Gang statuirt, wie ihn die Festigkeit des Schlafes im Allgemeinen nimmt — ist ja doch der nach einer Störung fortdauernde Schlaf wesentlich ein Wiedereinschlafen, wenn auch nicht vom vollen Wachen aus — nämlich rasche Vertiefung im Anfang, dann Verflachung mit abnehmender Geschwindigkeit. Ob die Verflachung nur bis zum Normal geht, ob sie es gar nicht erreicht, sondern sich ihm nur unendlich annähert, so dass nach zehn Minuten der Einfluss der Störung zwar unmerklich würde, aber doch die ganze Schlafdauer hindurch bestände, ob endlich nicht doch folgend eine Verflachung eintritt, grösser als sie bei ungestörtem Schlafe eingetreten wäre, darüber kann direct keine Entscheidung gegeben werden. Die Thatsache aber, dass keine Aenderung im Gange zu bemerken ist, mögen die Versuche halbstündlich oder ganzstündlich wiederholt werden, scheint wenigstens einen weiter hinaus wirkenden Einfluss der dritten Art auszuschliessen.

Wie der numerische Werth der Verminderung der psychophysischen Thätigkeit von dem Grade der verursachenden Erhöhung, so wird natürlich auch die Dauer ihrer Einwirkung gesetzlich von demselben abhängen. So erstreckt sich bei den Versuchen, denen vollständiges Erwachen vorausging, didadurch

\*) Bei dieser Auffassung ist es gleichgültig, ob der Schläfer nach vorausgegangenen Störungen deshalb erst auf eine höhere Intensität antwortet, weil ihm erst diese zum Bewusstsein kommt, oder ob es in Folge unwillkürlicher Simulation, (siehe S. 218) geschieht. Denn in beiden Fällen ist eben die durch den Reiz ausgelöste psychophysische Thätigkeit nicht stark genug, seinen Willen, um mich so auszudrücken, zum Erwachen zu bringen, während sie ohne Störung dazu stark genug gewesen sein würde.

veranlasste Vertiefung des Schlafes jedenfalls weiter als über zehn Minuten und die Umgrenzung der Einwirkung einer Störung in diesen Zeitraum bezieht sich selbstverständlich nur auf Störungen solcher Art und Grösse, wie sie im Verlaufe der jetzt besprochenen Versuche vorgekommen sind. Bei der höchst verschiedenen Intensität der einwirkenden Reize wird aber der Grad der dadurch veranlassten Abweichung und folglich die Dauer ihrer Einwirkung durchaus verschieden ausfallen und bei der Unberechenbarkeit dieser Reize (innerer: Blutlauf, Blutmischung, Gemeingefühle, Hustenreiz, vielleicht auch „der feinste und potenzirteste aller Reize“, der Wille und Träume; äusserer: eine drückende oder kitzelnde Falte, Parasiten, Geräusche, Gerüche etc. etc.) sich aller und jeder Controle entziehen müssen. Eben nur in ausgezeichneten Fällen lässt sich ihr Vorhandensein constatiren und, wo sie keine Reaction veranlasst, doch aber den Schlaf auffällig vertieft haben (Epoche 7<sup>h</sup>,5 der V., 5<sup>h</sup>,0 und 6<sup>h</sup>,5 der VI. Reihe), vermuthen. In der VI. Reihe lag jedenfalls eine solche Störung durch innere Vorgänge vor, als sich der Schläfer vor Beginn der Versuche zwei Mal, 20'' und 1<sup>h</sup>,45' nach dem Einschlafen in tiefster Stille ohne alle äusserlich wahrnehmbare Veranlassung plötzlich aufrichtete, die Augen aufschlug, sogleich aber wieder zurück und in Schlaf sank. Warum sollten dergleichen innere Vorgänge nicht auch den Schlaf stören können, ohne so drastisch ihr Dasein kund zu geben? In der ersten und zweiten Periode des Schlafes (so sei es erlaubt, die Perioden der zunehmenden Vertiefung und der langsamen Verflachung zu bezeichnen) werden bei der an sich grossen Festigkeit des Schlafes die einwirkenden Reize viel weniger leicht eine Reaction hervorrufen, als in den späteren Perioden des leiseren Schlafes. Denn offenbar werden im tiefen Schlafe die Reize, die ihrer absoluten Intensität nach freilich dieselben sind wie im leiseren, doch die in geringerem Masse vorhandene psychophysische Thätigkeit viel weniger leicht auf und über die zum Zustandekommen von Bewegungen nöthige Schwelle heben können, als die an sich schon dieser Schwelle viel näher kommende im leiseren Schlafe. Daher finden wir denn auch in den ersten Versuchen einer jeden Reihe einen viel constanteren, regelmässigeren Gang und damit tritt die Thatsache in Beziehung, dass in den ersten Perioden der Schlaf als ein viel ruhigerer, ungestörterer, von Bewegungen weniger unterbrochener der Beobachtung sich darstellt, als in den letzten. Man kann nicht ohne Grund dem Schlafe der letzten Perioden einen oscillatorischen Gang zuspre-

chen; nur sind die Oscillationen keine regelmässigen, normalen, sondern durch zufällige Einflüsse hervorgerufen, deren Zahl freilich in dieser für gewöhnlich ohnehin mit der Zeit des wieder erwachenden äusseren Lebens zusammenfallenden Periode Legion ist.

Wir haben bis jetzt den Einfluss verschiedener concurrirender Umstände vernachlässigt, die noch einer kurzen Besprechung bedürfen. Zunächst weist schon die Seite 219 mitgetheilte Aussage des dem Versuche Unterworfenen auf einen Einfluss der Gewöhnung hin, und in der That tritt die Wahrnehmung entgegen, dass im Allgemeinen die Werthe der späteren Reihen viel grösser ausfallen, als die der früheren. Ich trage kein Bedenken, dies Verhältniss auf die mit der öfteren Wiederholung der Versuche mehr und mehr hervortretende Gewöhnung an dieselben zurückzuführen, eben auf jene Aussage gestützt. Die Gewöhnung wirkt aber zwar auf den absoluten Werth der Schlafftiefe, aber durchaus nicht auf den Gang der Vertiefung und Verflachung, wie man leicht bei Vergleichung der Reihen II und VII sehen kann, wie denn schon von vornherein jenem Gefühle der Erwartung zwar ein Einfluss auf das Resultat, aber da es alle Versuche gleichmässig trifft, kein Einfluss auf den Gang des Schlafes beigemessen werden konnte. Wollte man Mittelwerthe gewinnen, die auch ihrer absoluten Grösse nach als Idealwerthe angesehen werden dürften, so müsste man die ersten Reihen ausschliessen. Da wir aber nur den Gang der Vertiefung und Verflachung als das Wesentliche ansprechen, die absolute Tiefe des Schlafes für uns völlig irrelevant ist, so können wir, um den idealen Gang des Schlafes zu finden, auch alle benutzen.

Die Lebensweise des den Versuchen Unterworfenen war im Ganzen während derselben eine gleichmässige. Nur der ersten Reihe ging eine bedeutendere Ermüdung durch Tanzen voraus. Es zeigt sich kein auffälliger Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Reihe und wir würden vollauf berechtigt sein, die gegen die Werthe der ersten Reihe grösseren der zweiten auf die Rechnung der Gewöhnung zu setzen, wenn nicht aus später zu erörternden Gründen gerade hier doch vielleicht eine Verminderung der absoluten Werthe, wenn auch nicht eben direct durch Ermüdung, angenommen werden müsste. Der Gang des Schlafes ist aber jedenfalls durch sie nicht alterirt.

Es könnte fraglich erscheinen, ob die Tiefe des Schlafes nur von seiner Dauer und nicht auch von der absoluten Tageszeit abhängt und die auffällige Thatsache, dass man oft beim Erwachen, wo man doch nur von der Tiefe des Schlafes eine unmittelbare Empfindung haben kann, ohne alle äusseren Hilfs-

mittel ein genaues Gefühl von der absoluten Tageszeit hat, scheint für das Letztere zu sprechen. Zur Prüfung derselben habe ich directe Versuche angestellt, indem ich mich zu verschiedenen Zeiten in der Nacht wecken liess, angab, was meiner Meinung nach die Uhr sei und dann meine Angabe mit der wahren Zeit verglich. Dabei war ich mir dann deutlich bewusst, meine Angaben nur nach dem Gefühle von der grösseren oder geringeren Festigkeit des Schlafes zu machen, aus dem ich geweckt war, und dem Gefühle grösserer oder geringerer körperlicher Erquickung, die ich verspürte; und daher waren sie denn auch nur dann richtig, wenn ich zu einer Zeit geweckt wurde, die mir aus vorhergehenden Versuchen oder als gewöhnliche Aufstehzeit geläufig war; während ich aus tiefem Schlafe erweckt, nur ganz kurze Zeit geschlafen zu haben glaubte und daher eine frühere Stunde, als die wahre, in den Perioden des flacheren Schlafes aber allemal die Stunde angab, um die ich das Bett zu verlassen pflegte, mochte ich nun zeitiger oder später eingeschlafen und wieder geweckt worden sein. Daraus folgt, dass die Tiefe des Schlafes nur eine Function seiner Dauer ist, unabhängig von der absoluten Zeit. Und so zeigt sich denn auch in der ersten Reihe, wo die Versuche 3<sup>h</sup> 5' Morgens begonnen wurden, kein wesentlicher Unterschied von der zweiten, wo sie 12<sup>h</sup> 25' Nachts begannen. Sonst schwankte die Zeit des ersten Versuchs von 11<sup>h</sup> 25' bis 12<sup>h</sup> 40' Nachts.

Uebrigens ist damit noch keineswegs gesagt, dass die Tageszeit, in der man schläft, für den Schlaf und seine Festigkeit gleichgiltig und der alte Volksglaube von der Vortrefflichkeit des Vormitternachtsschlafes vollständig ohne Grund sei. Denn es ist von Wichtigkeit, dass der Schlaf in eine Zeit falle, wo das äussere Leben mit seinen tausenderlei Reizen schweigt, damit derselbe seinen gesetzmässigen Verlauf habe und nicht zu frühzeitig dem Erquickungsuchenden die schöne Ruhe der ersten Morgenstunden durch Aeusseres gekürzt werde. Wer aber bis in die späte Nachtstunde den Strom des wachen Bewusstseins verlängert, dem verlängert sich der Strom des Unbewusstseins in den Tag hinein, und dessen Licht und Lärm, dem leisen Schlaf der letzten Stunden verderblich, verkümmert ihm in ermattendem Wechsel zwischen Gewecktwerden und Zurücksinken in den Schlummer die Erholung. Ich habe, als ich behufs meiner Versuche die Nacht in Tag, den Tag in Nacht zu verwandeln gezwungen war, oft genug durch das leiseste Geräusch erweckt, vergeblich meine gewöhnliche Schlafzeit einzuhalten gestrebt, den Ausfall aber

an körperlichem und geistigem Wohlbefinden deutlich verspüren können. Indess ist auch hier die grosse uns zum Heil verliehene Macht der Gewöhnung nicht zu verkennen. Versuche an Solchen, die nach Tische zu schlafen pflegen, würden deshalb von grossem Interesse gewesen sein. Leider stand mir unter den Nachmittagsschläfern kein geeignetes Individuum zu Gebote, und auf die in einem künstlich herbeigeführten Schlafe erhaltenen Resultate Schlüsse zu bauen, erschien doch zu bedenklich, als dass ich den mit mancherlei Unzukömmlichkeiten verbundenen Versuch hätte unternehmen mögen\*).

Absichtlich und künstlich einige der concurrirenden Umstände zu verändern (Veränderung der Lage, Wechsel des Zimmers, verschiedene Temperaturen, Einführung differenter Substanzen) hätte die vorgezeichneten Grenzen einer Arbeit überschritten, die sich zunächst streng auf das Normale zu beschränken hatte.

Es ist schon mehrfach auf die aus allen Versuchen zu ziehenden Mittelwerthe hingewiesen worden. Bei der bekannten Unzuverlässigkeit von Mitteln, die überall die höchste Vorsicht in ihrer Benutzung zur Pflicht macht, sind einige Erörterungen über die Grenzen ihrer Zulässigkeit in unserem Falle nöthig. Wir haben gesehen, dass die absoluten Werthe unter verschiedenen Umständen sehr verschieden ausfallen; unter Umständen, die man einem arithmetischen Maasse nicht unterwerfen und nicht als positiv negativ um einen Nullpunkt herum gruppiren kann, für den der berechnete Mittelwerth Geltung hätte. Nichtsdestoweniger werden die aus allen Reihen berechneten Mittel von grosser Wichtigkeit, sobald wir, absehend von ihrem absoluten Werthe, auf ihren Gang unser Augenmerk richten. Denn in ihrem Gange zeigen die einzelnen Versuchsreihen eine hinlängliche Uebereinstimmung und wir finden, dass die Umstände, welche auf die absolute Tiefe des Schlafes Einfluss haben, doch den Gang desselben wenig oder gar nicht alteriren. Nach dem gefundenen Gesetz der Vertiefung in Folge einer vorhergehenden Störung müssen wir aber von der Berechnung alle diejenigen Werthe ausschliessen,

\*) Es liegt nahe, hier an Krankheiten zu denken und zwar nicht blos an die eigentlichen hypnoiden und anhypnoiden Zustände, sondern an alle Krankheiten überhaupt, die durch erregte Schmerzen oder Fieber oder wie sonst auf den Bewusstseinszustand von Einfluss sind. Bei den am Krankenbett unüberwindlichen inneren und äusseren Schwierigkeiten derartiger Messungen ist an eine praktische Verwerthung derselben wohl kaum zu denken, zumal auch hier wahrscheinlich nicht der Gang, nur die absolute Tiefe gegen den Schlaf im gesunden Zustande geändert ist, über welche man ein Urtheil nur dann gewinnen könnte, wenn man gesunden und krankhaften Schlaf desselben Individuums vergliche.



welche durch voraufgehende zufällige Einflüsse modificirt sind. Ferner ist darauf zu achten, dass in den Mittelwerthen Werthe aus den ersten und aus den letzten Reihen gleichmässig vertreten sind und endlich nur diejenigen benutzt werden, welche unter sich gut übereinstimmen. Denn natürlich würde, wenn man einen Werth aus Resultaten der ersten, einen zweiten aus solchen der letzten berechnen wollte, wenn sie auch jeder für sich vollkommen in den normalen Gang hineinpassen, doch wegen der Verschiedenheit der absoluten Werthe das Mittel einen falschen Gang nehmen; eine grosse Abweichung eines Resultates aber von dem nach Analogie zu erwartenden erweckt allemal den Verdacht einer zufälligen Störung. Mit Berücksichtigung aller dieser, für Benutzung und Berechnung von Mittelwerthen allgemein gültigen Regeln sind die Werthe berechnet worden, nach denen die Idealcurve des Schlafes (zunächst nur für das Individuum, an dem die jetzt besprochenen Beobachtungen angestellt sind), die man am Ende dieser Abhandlung findet, construirt ist. Für jeden Punkt derselben wird man leicht die Beobachtungen in den Tabellen finden, die zu seiner Bestimmung massgebend gewesen sind. Warum die Schlafdauer als Abscisse angenommen und nur für halbstündliche Abschnitte die Ordinaten construirt sind, ist schon erörtert. Für die erste halbe und ganze Stunde waren leider brauchbare Resultate nur in den ersten Reihen vorhanden, daher die Ordinaten hier wahrscheinlich etwas zu klein ausgefallen sind, das Aufsteigen und der Abfall also noch steiler werden, der Zeitpunkt der grössten Tiefe näher an den Anfang des Schlafes heranrücken dürfte.

Die Betrachtung der Curve zeigt, dass der Schlaf innerhalb der ersten Stunde nach dem Einschlafen rasch eine bedeutende Tiefe erreicht; in der zweiten Stunde nimmt dieselbe nicht mit gleicher, aber immer noch ziemlich grosser Geschwindigkeit ab; in den folgenden Stunden wird die Geschwindigkeit des Abnehmens immer geringer und geringer, bis endlich mehrere Stunden schon vor dem Erwachen die Tiefe des Schlafes von Stunde zu Stunde kaum merklich sich ändert; in welcher Periode jedoch die Störungen, deren Einfluss früher verschwindend war, nie fehlen und wesentliche Abweichungen hervorbringen. Mit Grund kann man vier Perioden des Schlafes statuiren: der zunehmenden Vertiefung, der raschen, der langsamen und der kaum merklichen Verflachung. Unser grosser Dichter, dem überall das erste Wort gebührt, wo es Beobachtung und Wiedergabe eigener Seelenzustände gilt, hat so den Schlaf nicht allein poetisch schön, sondern auch thatsächlich treffend wahr und fein geschildert.

Fast ist es unnöthig, eine Bemerkung über die Allgemeingültigkeit der aufgestellten Gesetze hinzuzufügen. Denn sie tragen die Bürgschaft dafür in sich selbst. Man übersehe die Gleichheit in dem Gange der Ober- und Untergrenzen und der Mittelwerthe, die Uebereinstimmung der einzelnen Reihen unter einander, die Regelmässigkeit, mit der auf äussere Veranlassungen Abweichungen eintreten, die Sicherheit, mit der man von einer Abweichung vom gewöhnlichen Gange auf eine zufällige Störung schliessen kann — und man wird nicht anstehen, zuzugeben, dass hier der Ausdruck eines allgemeinen Gesetzes vorliege. Ich gestehe, dass ich selbst erstaunt war, die Thatsachen und Gesetze, die ich aus mannigfachen vorhergehenden Versuchen schon im Allgemeinen abgeleitet hatte, hier so klar und scharf ausgeprägt zu finden: um so mehr, je weniger dies bei solchen physiologisch-psychologischen Versuchen zu erwarten stand, wo man sie im Gegentheil tief versteckt und vergraben unter den mannigfachsten Unregelmässigkeiten zu finden gewohnt ist. Freilich darf man auch hier dergleichen brauchbare Beobachtungen nicht gleich auf den ersten Griff zu gewinnen hoffen: — manche Methode musste durchprobt, manche Nacht durchwacht, mancher Schlaf gestört werden, ehe die besprochenen Resultate sich erzielen liessen. Bald ist der untersuchte Schlaf zu fest: — einen der Untersuchten gelang es nur in den seltensten Fällen zum Erwachen zu bringen — bald so leise, dass schon das Heben des Pendels den Schläfer erweckt; bald ist der Untersuchte nicht in der richtigen Stimmung, regelmässig und munter zu antworten; bald kann er in Erwartung der Versuche nicht einschlafen; bald hindern äussere Umstände und Zufälligkeiten. Deshalb ist es nöthig, die Beobachtungen, auf die man Schlüsse bauen will, sorgsam auszuwählen und nur mit Berücksichtigung aller concurrirenden Umstände über ihre Brauchbarkeit zu entscheiden. Die angeführten Beobachtungsreihen habe ich benutzt, um an sie die Betrachtung anzuknüpfen, weil aus ihnen am Leichtesten und Reinsten die betreffenden Resultate sich herleiten liessen, keineswegs waren sie die erst gewonnenen oder habe ich sie allein zur Orientirung auf dem durchforschten Felde benutzt. Nicht vergessend aber, dass wir streng auf dem Boden der Empirie stehen müssen, füge ich von den an noch fünf anderen Individuen gewonnenen Resultaten einige Reihen bei; mit Benutzung der als zulässig nachgewiesenen Vereinfachung durch Beschränkung auf die Mittel aus Ober- und Untergrenzen.

Dem Instrumente lag zunächst

Dauer des Schlafes in Stunden.	IX.		X.		XI.		XII.		XIII.		XIV.		XV.		XVI.	
	das rechte	linke	rechte	linke	linke	rechte	linke	rechte	linke	rechte	linke	rechte	linke	rechte	linke	linke Ohr.
0,5	0,0214	—	—	0,0103	0,0128	—	0,0009	—	0,0117	—	0,0025	—	0,0025	—	0,0034	—
1,0	0,0407	—	0,1143	—	0,0190	0,0039	—	0,0224	0,0117	—	0,0032	—	0,0032	—	0,0000	—
1,5	0,0104	—	—	—	—	0,0021	—	0,0001	0,0525	—	0,0021	—	0,0021	—	—	—
2,0	—	0,684	0,0853	—	—	—	0,0001	—	∞	—	—	—	0,0026	0,0015	—	—
2,5	0,0647	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0090	0,0009.8	—	—	—	0,0190	—
3,0	—	—	—	—	0,0040	0,0691	—	0,0003.7	—	0,0069	0,0479	—	—	—	—	0,0020
3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0008	0,0616	—	—	—	—	0,0102
4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0011	0,0006	—	—	—	—	—
4,5	—	—	—	—	—	—	0,0005	0,0004	—	—	0,0034	—	—	—	—	—
5,0	—	—	—	—	0,0026	0,0000.1	—	0,0000	—	—	—	—	—	—	—	—
5,5	—	0,0554	—	—	—	0,0000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,0	—	—	—	0,0499	0,0018	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,5	—	0,0428	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,0	—	—	—	—	0,0003	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,5	—	—	—	—	0,0002.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
																0,0000
																0,0000

Wenige Bemerkungen werden hierzu genügen.

Die Reihen IX und X enthalten wenig Beobachtungen, weil die folgenden alle unsicher wurden. Der Untersuchte antwortete nicht mehr, gab aber nach Aufhören der bis zur höchstmöglichen Intensität gegebenen Schläge sehr deutliche Zeichen des Erwachens (S. 217), erinnerte sich auch am Morgen sehr genau der stattgefundenen Versuche; war also erwacht, ohne dass es möglich gewesen war, den Augenblick des Erwachens festzustellen. Man sieht aber doch aus diesen wenigen Versuchen den charakteristischen Gang des Schlafes in seinem Beginn. Reihe IX Epoche 2<sup>h</sup>,5 fällt unter das Gesetz der Vertiefung nach plötzlicher Verflachung; es war eine lebhafte Bewegung kurz vorher gegangen. Wie man übrigens schon aus den gegebenen Zahlen sieht, so bestätigte es auch der directe Versuch, dass das rechte Ohr dieses Individuums feiner hört, als das linke. Daher in Reihe X Epoche 0,5 die Intensität etwas zu klein erscheint, wahrscheinlich bedingt dadurch, dass der Zeitpunkt des Einschlafens zu spät angenommen ist und also die ganze Reihe etwas nach oben verschoben werden muss. Trotzdem bleibt sie für den aufgestellten Satz vollkommen beweiskräftig. Wir haben übrigens hier bereits die zweite Ausnahme von der für die meisten Menschen gültigen Regel, dass das linke Ohr feiner hört, als das rechte<sup>\*)</sup>.

Reihe XI an einem zweiten, in jeder Beziehung sehr geeignetem Subjecte gewonnen, entspricht genau dem Idealgang und ist dieserhalb mit hier angeführt worden.

Reihe XII an einem Dritten gewonnen, ist als Beispiel des Schlafes bei einer acuten Alkoholintoxication leichteren Grades, die ich auch sonst noch einigemal zu beobachten Gelegenheit hatte, aufgenommen. Wie vorauszusehen, ergibt sich ein durchaus gleicher Gang wie im Normalzustand. Dagegen findet, was an dieser einzigen Reihe nicht so deutlich hervortritt, was ich aber bei vergleichenden hier nicht mit anzuführenden Versuchen regelmässig beobachtet habe, eine beträchtliche Herabsetzung der absoluten Tiefe gegen den gesunden Schlaf in diesem Zustande Statt. In der vorliegenden Reihe war der Schläfer 2<sup>h</sup> 50' plötzlich erwacht (er war 12<sup>h</sup> eingeschlafen): daher die grosse Intensität in Epoche 3<sup>h</sup>,0. Dieses zeitige Erwachen und Wiedereinschlafen ist allgemein in den leichteren Graden der acuten Alkoholintoxication, und

<sup>\*)</sup> Vergl. Fechner über einige Verhältnisse des binocularen Sehens S. 541.

wir werden sehen, wie es mit der allgemeinen Verflachung des Schlafes in Beziehung tritt (s. S. 250).

Reihe XIII an einem vierten Individuum gewonnen, welches am Morgen erklärte, vor Erwartung kein Auge zugethan zu haben (eine nicht zu selten vorkommende Selbsttäuschung), zeigt sehr deutlich den Maximalwerth bei Epoche  $1^h,0$ ; ferner in Epoche  $3^h,0$  den Einfluss eines eine halbe Stunde vorausgegangenen Erwachens, sowie in Epoche  $4^h,0$  den Einfluss einer kurz vorhergegangenen mächtigen Schlafbewegung.

Die Reihen XIV, XV, XVI, die Schlafestiefe eines und desselben fünften Individuums enthaltend, legen ebenso deutlich Zeugniß ab für die Richtigkeit der aufgestellten Sätze. In XIV muss der Anfangspunkt der Coordinaten, der Augenblick des Einschlafens wahrscheinlich wenigstens eine halbe Stunde später angesetzt werden, als es in der Tabelle, die eben nur Beobachtetes enthalten sollte, geschehen ist. Denn der Betreffende erklärte beim ersten Weckversuche, eine halbe Stunde nach dem von mir angenommenen, hier gerade aus sehr unsicheren Zeichen bestimmten Zeitpunkte des Einschlafens, dass er noch gar nicht geschlafen habe. Mag auch hier eine kleine Selbsttäuschung vorliegen, so zeigt doch der Gang des Schlafes hinreichend, dass er im Grunde erst von diesem vollständigen Gewecktwerden begonnen hat. Das Unendlichkeitszeichen in Epoche  $2^h,0$  dieser Reihe bedeutet, dass durch eine Schallintensität von 0,2722 kein Zeichen des Erwachens erzielt werden konnte. Es ist kein Grund da, weder ein äusserer noch ein innerer, an der Richtigkeit dieser Beobachtung zu zweifeln. Denn wenn auch dadurch die Maximaltiefe des Schlafes im besten Falle auf Epoche  $1^h,5$  nach dem Einschlafen rückt, so ist eine solche Verrückung nach vorwärts bei Solchen, die schwer und langsam einschlafen, wie wir gesehen, an sich möglich und im vorliegenden Falle sogar wahrscheinlich. Da man aber den Beginn des Schlafes füglich auf keinen andern Zeitpunkt setzen kann als den, wo in allen Sphären das Bewusstsein erlischt, dieser aber möglicher Weise weit später fällt, als die letzte Aeusserung des Bewusstseins, so finden wir auch hierin keinen Widerspruch gegen den Satz von der raschen Vertiefung des Schlafes auf seine Maximaltiefe innerhalb der ersten Stunde nach dem vollständigen Einschlafen.

Dagegen erheben sich gegen die Richtigkeit der in Epoche  $3^h,5$  auftretenden hohen Werthe gewichtige Bedenken, sowohl äussere von Seiten der Beobachtung, als innere von Seiten des Ganges in der ganzen Reihe. Erstens schien der dem Ver-

suche Unterworfene vorher einmal vollständig erwacht; — da er aber auch erwacht stets ruhig liegen zu bleiben pflegte, um durch eine möglichst genaue Simulation des Schlafes den wahren Schlaf herbeizulocken (dass dies bis zu gewissem Grade möglich sei, lehrt eine uralte Erfahrung des gewöhnlichen Lebens), wodurch auch die Unsicherheit in der Bestimmung der Einschlafszeit bedingt wurde, so liess sich dies nicht vollständig constatiren. Dann aber gab er beidemale die verabredete Antwort in einer so brüsquen, mürrischen Weise, erwachte beidemale so plötzlich ohne Prodrome, wie Aenderung im Typus des Athmens etc., während doch die Schallintensitäten bei der absoluten Höhe der Elevationen nur sehr langsam mit diesen wuchsen, dass der Verdacht auf unwillkürliche Simulation sehr nahe lag. Es ist mir mehrmals auch bei Anderen vorgekommen, dass der Geweckte geantwortet zu haben glaubte und ruhig liegen blieb, während er doch in Wahrheit durchaus kein Zeichen des Wachseins gegeben hatte, bis er endlich bei fortdauernd wachsenden Schallintensitäten unwirsch aufsprang und fragte, warum ich ihn nicht ruhen lasse, er habe ja längst geantwortet. So wenig ein solcher Versuch zur Bestimmung der Festigkeit des Schlafes brauchbar ist, einen so interessanten Einblick gewährt er doch in die Seelenvorgänge des Geweckten und es eröffnet sich die Möglichkeit, manche Unregelmässigkeiten im normalen Gange des Schlafes auf solche Verhältnisse zurückzuführen.

Das Verhältniss der Hörfeinheit beider Ohren war übrigens im vorliegenden Falle das gewöhnliche: das linke Ohr hörte beträchtlich feiner als das rechte, womit auch die Zahlen der Tabellen ganz gut stimmen. Bei Epoche 4<sup>h</sup>,0 der XIV., 4<sup>h</sup>,5 der XV., 2<sup>h</sup>,5 und 3<sup>h</sup>,5 der XVI. Reihe ist zu bemerken, dass dem Versuche Bewegungen kurz vorausgingen; wie ich mich denn sowohl bei diesem als bei anderen Individuen durch directe Versuche der beschriebenen Art, deren Resultate in extenso aufzuführen zu weitläufig sein würde, von der Richtigkeit der Thatsache der raschen Vertiefung des Schlafes nach einer plötzlichen Verflachung mehrfach überzeugt habe. Noch ist aufmerksam zu machen auf die beinah vollständige Uebereinstimmung der Werthe für Epoche 1<sup>h</sup>,0 in der XV., wo der Versuch dieser Epoche der zweite und in der XVI. Reihe, wo er der erste war; die beide unter gleichen Umständen angestellt, namentlich bei gleicher Gesamtdauer des Schlafes (s. S. 249) einen neuen Beweis dafür liefern, dass der erste Versuch jeder Reihe als erster keine Besonderheiten zeigt.

Ich nehme somit für die aufgestellte Idealcurve allgemeine Gültigkeit in Anspruch. Aber eben nur für sie als ideale Curve. Variirt die absolute Höhe der Ordinaten schon bei einem und demselben Individuum so wesentlich, wie viel grössere Variationen werden wir nicht zu erwarten haben bei Vergleichung der Schlafestiefe verschiedener Individuen? Und so finden wir denn auch von einem Schläfer, den eine Intensität von 0,5 noch nicht stört, bis zu einem, der einer Intensität von 0,0034 in seiner grössten Tiefe entspricht, die mannigfachsten Abstufungen. Und überall zwar finden wir, mit und ohne nachweisbare Veranlassung, Abweichungen vom stetigen Gange der Curve — überall aber auch den Gang im Allgemeinen denselben, die Abweichungen derselben Regel unterliegend. Und darum ist es auch mehr als wahrscheinlich, dass zwar nach Geschlecht, Alter, Temperament, Constitution, Beschäftigung und Lebensweise Schwankungen in der absoluten Tiefe des Schlafes sich ergeben, die empirisch nachzuweisen ich begreiflich keine Gelegenheit hatte; mit Gewissheit aber ist anzunehmen, dass der Gang der Vertiefung und Verflachung unter allen Umständen derselbe bleiben wird. Meine Versuche sind angestellt an jungen kräftigen Männern, Studirenden der Universität Leipzig, sämmtlich gesund und während der Versuche gleichmässig lebend. Schon deshalb haben die an ihnen erlangten Resultate einen besonderen Anspruch auf Allgemeingültigkeit.

Was die vegetativen Vorgänge während des Schlafes betrifft, so lag die Betrachtung derselben dem Plane durchaus fern. Jedenfalls nehmen die körperlichen Restitutionsprocesse ihrer Intensität nach denselben Gang wie die Festigkeit des Schlafes. Durham \*) macht in seiner schönen Arbeit über die Blutvertheilung im Körper während des Wachens und Schlafens darauf aufmerksam, wie die Ernährungsvorgänge beider Zustände in sich selbst die Bedingung ihrer allmäligen Abnahme tragen: die während des Wachens im Gehirn gebildeten Oxydationsproducte hindern, in je grösserer Menge sie vorhanden sind, um so mehr die fernere Oxydation und die Geschwindigkeit der Fortführung der Umsatzproducte im Schlafe steht im Verhältniss zur noch vorhandenen Menge derselben. Dies aber ergibt, die Zeit als Abscisse genommen, einen ähnlichen Gang für die Restitutionsprocesse, wie ihn die Festigkeit des Schlafes zeigt. Hiermit stimmt ganz gut die angeführte Thatsache, dass der Vormitternachtsschlaf als

\*) Vergl. das Referat in Schmidt's Jahrbüchern Bd. 110 S. 13.

der festere, auch der erquicklichste sei und dass die Träume nur in der allerersten und in der üppigsten Fülle in der letzten langgedehnten Schlafperiode auftreten; in den mittleren Perioden des tieferen Schlafes gar nicht oder wenigstens (nach Scherner) in wesentlich anderer Weise und Gestalt. Jedenfalls müssen die dem Bewusstsein unterliegenden psychophysischen Bewegungen eine gewisse Schwelle erreichen, damit Träume zu Stande kommen. Im tiefen Schlaf sinken sie unter dieselbe, und erst wenn der Schlaf sich wieder verflacht oder wenn er noch flach genug ist, kann die traumbildende Thätigkeit sich geltend machen. Daher mit Recht ein traumloser Schlaf, weil tiefer, für erquickender gilt, als ein traumreicher.

Es bleibt nur noch eine kurze Betrachtung anzustellen.

Vergleicht man die Curve der Festigkeit des Schlafes mit bekannten Linien der analytischen Geometrie, so findet man in der Gestalt ihres absteigenden Zweiges eine ziemliche Annäherung an die logarithmische Linie, von der Y-Achse aus gesehen. Sie entspricht also im Allgemeinen einer Linie von der Form  $y = e^x$  oder um auszudrücken, dass für  $x = a$   $y = 0$  für  $x = 0$   $y$  ein Maximum werden soll, von der

Form  $y = pe \frac{x}{x-a}$  wo der Anfangspunkt der Coordinaten auf

den Zeitpunkt der grössten Tiefe des Schlafes fällt,  $p$  den numerischen Werth derselben,  $x$  die Dauer des Schlafes, nach beliebiger aber derselben Einheit gemessen wie  $a$ , seine Gesamtdauer, vom Zeitpunkt der grössten Tiefe an bedeutet.

$y$  ist dann die Tiefe des Schlafes,  $\frac{x}{x-a}$  ist eine benannte

Grösse, wird für  $x = a$  negativ unendlich und für  $x = 0$  selbst Null, Da  $x < a$ , muss für jedes  $x > 0$ ,  $y < p$  für jedes  $x < a$   $y > 0$  werden. Ich würde diese Verhältnisse nicht erwähnen, wenn sich nicht einige wichtige Folgerungen daran knüpfen. Es ergibt sich nämlich aus der aufgestellten Formel eine Abhängigkeit der Tiefe des Schlafes in jedem Momente von seiner Gesamtdauer einer-, von der grössten erreichten Festigkeit andererseits in der Weise, dass sie in einem complicirten aber geraden Verhältniss zur Gesamtdauer, im directen zur grössten erreichten Festigkeit stehen; gleichsam als ob man mehr Zeit brauche, sich im gesetzmässigen Gange aus einem tieferen Schlafe zu ermuntern, als umgekehrt. Einige Beobachtungen scheinen für die Richtigkeit dieser Ansicht zu sprechen. Die Gesamtdauer des Schlafes, der durch



die Zahlen der ersten Reihe repräsentirt wird, betrug 6, die des Schlafes in der darauf folgenden Nacht 9 Stunden. Da nun nicht wohl anzunehmen ist, dass die Ermüdung, die der ersten Reihe vorausging, den Schlaf weniger tief machte, vielmehr nach allgemeiner Erfahrung, wenn man die höchsten Grade der Müdigkeit ins Auge fasst, das Umgekehrte Statt findet, habe ich oben schon die niedrigeren Werthe der ersten Reihe auf Rechnung des Bewusstseins gesetzt, nicht so lange schlafen zu dürfen, wie sonst. Immerhin könnte man hier auf die Gewöhnung an die Versuche recurriren wollen, wenn nicht andere Versuche für die Abhängigkeit der Tiefe des Schlafes von dem Willen, längere oder kürzere Zeit zu schlafen, sprächen. Zunächst sind noch einige ohne bestimmte Rücksicht auf diesen Willenseinfluss gewonnene Beobachtungen anzuführen, die die Verlängerung des Schlafes bei seiner Vertiefung beweisen. In Reihe XIV finden wir, dass in der Epoche 2<sup>h</sup>,0 (wie bemerkt, wahrscheinlich früher) eine Intensität von 0,2722 noch nicht zum Erwecken hinreichte, während in Reihe XV und XVI, auf deren grosse Uebereinstimmung hierin gegenüber der Reihe XIV besonderes Gewicht zu legen ist, die grösste nöthige Intensität noch nicht 0,0035 betrug (die an falscher Stelle erscheinende hohe Intensität von 0,0616 ist durch Zufälligkeiten bedingt). In der ersten Nacht betrug die gesammte Schlafdauer (6 Stunden vor dem spontanen Erwachen waren die Versuche sistirt worden) zehn, in den beiden folgenden (die Versuche waren 3 Stunden vor dem Erwachen eingestellt) wenig über sieben Stunden. An dem Individuum, dessen in dieser Nacht gerade über Gewohnheit leisen Schlaf Reihe XI repräsentirt, sind ebenso zwei hierher gehörige, wenn auch nicht vollständige, doch für unsern Zweck genügende Reihen gewonnen. In einem Schläfe, dessen Gesamtdauer 9 Stunden betrug, wurde gefunden

0<sup>h</sup>,5 nach dem Einschlafen eine Festigkeit von 0,0722

1<sup>h</sup>,0 " " " " " " " 0,0833

2<sup>h</sup>,0 " " " " " " " 0,0311

In einer andern, wo der Schlaf im Ganzen 11<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Stunden dauerte:

1<sup>h</sup>,25 nach dem Einschlafen eine Festigkeit von 0,2407

3<sup>h</sup>,0 " " " " " " " 0,1270

9<sup>h</sup>,5 " " " " " " " 0,0100

10<sup>h</sup>,0 " " " " " " " 0,0080

sämmtlich bei zunächst liegendem linken Ohre, in ruhigen Schläfe. Diese Zahlen sprechen für sich; nur darauf kann

ich aufmerksam zu machen nicht unterlassen, wie auch in diesen wenigen Resultaten der gesetzmässige Gang des Schlafes so klar sich ausspricht; ein Beweis dafür, dass wir hier in den ersten Werthen wirklich die grösste erreichte Festigkeit vor uns haben.

Wenn wir gesehen haben, dass die Alkoholintoxication den Schlaf verflacht, die gewöhnlichste Erfahrung aber lehrt, dass seine Gesamtdauer in diesem Zustand sich verlängert, so liegt hierin nur scheinbar ein Widerspruch. Denn das lange Schlafen bei solchem Zustande beruht nicht eigentlich auf einer Verlängerung der Gesamtdauer, sondern auf öfterem spontanen Erwachen und Wiedereinschlafen. In keiner dieser einzelnen Perioden, deren Summation die längere Gesamtdauer gibt, wird der Schlaf so tief wie der normale. Natürlich spreche ich auch hier nur von den leichteren Graden, wie sie mir zur Beobachtung kamen.

Ueber den Einfluss nun, welchen der feste Vorsatz, zu einer früheren, als der gewöhnlichen Stunde aufzustehen, auf die Festigkeit des Schlafes hat, konnte ich leider, durch verschiedene Umstände gehindert, nur eine einzige Versuchsreihe anstellen. Sie gewinnt aber besondere Wichtigkeit, da sie an demselben Individuum gewonnen ist, wie die acht ersten Reihen, welches mit den Versuchen völlig vertraut war und sonst öfters Gelegenheit hatte, sich im freiwilligen Frühaufstehen und zeitigerem Erwachen mit Erfolg zu üben. Der Betreffende nahm sich fest vor, recht zeitig zu erwachen und der Versuch zeigte

0 <sup>h</sup> ,5	nach dem Einschlafen	eine Festigkeit von	0,0006
1 <sup>h</sup> ,0	„	„	0,0000.5
1 <sup>h</sup> ,5	„	„	0,0003.7
2 <sup>h</sup> ,0	„	„	0,0000.2

Dem Versuche Epoche 1<sup>h</sup>,5 war 5' eine so heftige Bewegung und so charakteristische Aenderung im Typus des Athmens vorhergegangen, dass man ein fast vollständiges Erwachen annehmen konnte. Welcher Unterschied in diesen Zahlen gegen die der ersten acht Reihen! Während aber bei diesen die Gesamtdauer des Schlafes, mit Ausnahme der ersten, nie unter 8 Stunden betrug, war der Betreffende hier, eine Stunde nachdem ich mich aus dem Schlafzimmer entfernt hatte, bereits 3,5 Stunden nach dem Einschlafen vollständig spontan erwacht. Und auch hier, bei so geringer absoluter Intensität ist noch der gesetzmässige Gang des Schlafes und das Gesetz von der Vertiefung nach plötzlicher Verflachung nachweisbar. Zu der Beweiskraft dieses Versuches tritt ergänzend die Er-

fahrung des gewöhnlichen Lebens. Bei dem Vorsatze, zeitiger aufzustehen, wird der Schlaf unruhig, öfters unterbrochen. Das heisst doch nichts Anderes, als die Festigkeit desselben ist so gering, dass Einwirkungen, die im normalen Schlafe ohne Einfluss bleiben, hier schon hinreichen, ihn zu stören. Lange Gewöhnung scheint die Fähigkeit zur bestimmten Stunde zu erwachen, nicht früher, nicht später, zu erhöhen, wovon man an Hausfrauen, Wächtern, Bediensteten leicht Beispiele in hinreichender Anzahl sammeln kann. Von dem in der Einleitung dargelegten Standpunkt aus lässt sich dies nicht anders auffassen, als dass man dem wachen Bewusstsein, dem Willen, die Fähigkeit zuschreibt, die Vertiefung der psychophysischen Thätigkeit nicht weiter zu gestatten, als bis zu dem Punkte, von wo aus sie nach dem allgemeinen Gesetze steigend, zur gewünschten Stunde den Schwellenwerth erreicht. Wo eine lange Erfahrung (Gewöhnung) diesen Punkt genau kennen gelernt hat, ist der Schlaf zwar im Ganzen leiser, aber doch ruhig, ununterbrochen; wer ihn noch nicht kennt, lässt den Schlaf entweder nicht einmal bis zu diesem Punkte sich vertiefen und erwacht zeitiger als gewünscht (wo etwas auf das Einhalten der festgesetzten Zeit ankommt, der gewöhnlichere Fall) oder umgekehrt. Der Wille hat also einen Einfluss auf die grösste zu erreichende Festigkeit und von dieser hängt gesetzmässig die Dauer des Schlafes ab, so dass mittelbar der Wille auch auf diese einwirken kann. Wenn es eines solchen überhaupt noch bedürfte, hätte man hier einen neuen Beweis für die gegenseitige Abhängigkeit geistiger und körperlicher Zustände und Vorgänge.

Es versteht sich übrigens wohl von selbst, dass derlei Gesetze nach dem Wesen psychologisch-physiologischer Vorgänge niemals die Erfolge genau decken; als welche von den mannigfachsten, der Berechnung vollständig sich entziehenden Nebenumständen mit abhängen. In unserem Falle z. B. ist jedenfalls der Zeitpunkt des Eintretens der Maximaltiefe ebenso von Einfluss auf Festigkeit und Dauer wie noch tausend andere ungekannte Umstände. Wir müssen uns eben mit einer grösseren oder geringeren Annäherung an den richtigen Ausdruck der Thatsachen begnügen. Ist dies aber nicht mit jedem Naturgesetz der Fall?

Wichtiger ist eine andere Betrachtung, zu der das aufgestellte Gesetz Anlass gibt. Auch hier nämlich, wie überall im Gebiete der Psychophysik, macht ein logarithmisches Verhältniss sich geltend. Denn es hängt darnach die Dauer des Schlafes vom Logarithmus seiner Festigkeit in einer bestimmten

Epoche ab, wie die Empfindung vom Logarithmus der durch den Reiz ausgelösten psychophysischen Bewegung (nach ihrer lebendigen Kraft gemessen); wie wahrscheinlich alle Aenderungen geistiger Thätigkeit nicht direct von den veranlassenden Ursachen, sondern von deren Verhältniss zur schon vorhandenen geistigen Thätigkeit abhängen. Und um so mehr gewinnt diese Betrachtung an Wichtigkeit, als man auch im Gebiet der körperlichen Vorgänge, wie erwähnt, auf ähnliche Verhältnisse stösst. Dass aber der Schlaf bei seiner allmäligen Vertiefung demselben Gesetze folgt wie bei der Verflachung, also Anfangs rascher, dann langsamer und langsamer sich vertieft, so dass seine Maximaltiefe, wie alle Maxima, wahrscheinlich eine Zeit lang nahezu unverändert sich erhält, geht aus dem Umstande hervor, dass er in der ersten Stunde um viel mehr sich vertieft, als in der zweiten; wenn nicht überhaupt das Maximum schon vor Ablauf der ersten Stunde erreicht wird.

Wohl darf man nun auch dem wachen Bewusstsein eine Erhöhung und Vertiefung nach ähnlichen Gesetzen zuschreiben, wenn schon im Wachen der Abweichungen viel mehr und complicirtere sich zeigen dürften. Deutet aber nicht schon das Sprüchwort vom Golde im Mund der Morgenstunde auf uralte Erfahrung von der kurz nach dem Erwachen erreichten grössten Intensität der geistigen Kraft? Ob es freilich je gelingen wird, wie die negative so die positive Intensität des Bewusstseins nach der lebendigen Kraft der ihm unterliegenden psychophysischen Bewegungen einer directen Messung zu unterwerfen, bleibe dahingestellt.

Ueberblicken wir die erlangten Resultate, so dürfte das Wesentliche davon in folgenden Sätzen zusammenzufassen sein.

1) Die Festigkeit des Schlafes, der zum Erwecken nöthigen Schallintensität direct proportional gesetzt, ändert sich stetig mit der seit dem Einschlafen verflonnenen Zeit nach einem bei aller Verschiedenheit der absoluten Festigkeit und unter den verschiedenen Umständen gleichen Gesetz; derart, dass der Schlaf Anfangs rasch, dann langsamer sich vertieft, innerhalb der ersten Stunde nach dem Einschlafen seine Maximaltiefe erreicht, von da an Anfangs rasch, dann langsamer und langsamer sich verflacht und mehrere Stunden vor dem Erwachen merklich unverändert eine sehr geringe Festigkeit behält.

2) Eine plötzliche Verflachung des Schlafes durch äussere oder innere Reize bewirkt, dass derselbe unmittelbar folgend tiefer wird, als er geworden sein würde, wenn keine Störung

eingetreten wäre. Die Grösse und die Dauer dieser Vertiefung hängt ab von der Grösse der veranlassenden Verflachung, und sie verläuft nach einem ähnlichen Gesetz wie die Festigkeit des Schlafes im Allgemeinen.

3) Zwischen der grössten erreichten Festigkeit und der Gesamtdauer des Schlafes findet ein gesetzliches Abhängigkeitsverhältniss Statt, derart, dass, je tiefer der Schlaf geworden, er desto länger dauert, je flacher er geblieben, er desto eher zum Erwachen kommt.

4) Dem wachen Bewusstsein, dem Willen, ist ein Einfluss auf die grösste zu erreichende Festigkeit und folgendes auf die Gesamtdauer des Schlafes zuzusprechen.

---

Die beifolgende Curve stellt den Gang der Vertiefung resp. Verflachung des Schlafes in ihrer Abhängigkeit von seiner Dauer graphisch dar. Die Ordinaten, nach Zehntausendstel angenommener Schalleinheit gemessen, sind für jede halbe Stunde der Schlafdauer nach den besprochenen Principien aus den ersten acht Beobachtungsreihen berechnet und aufgetragen.

---