Pädagogisch-psychometrische Studien.

1. Vorläufige Mitteilung.

Von Dr. **Robert Keller** in Winterthur.

Die nachfolgenden Untersuchungen verdanken ihre Entstehung der Lektüre von Mosso's anregendem Buche „Die Ermüdung“[1]). In demselben wird ein „Arbeitsmesser“, Mosso's Ergograph, beschrieben, welcher gestattet mit bedeutender Genauigkeit die Arbeit einer bestimmten Muskelgruppe und die Schwankungen zu messen, welche durch die Ermüdung während der Arbeit dieser Muskeln hervorgebracht werden können. —

Die Ermüdung ist zweifellos das Resultat eines chemischen Vorganges. Es ist hier nicht der Ort über die gegenwärtig waltenden Vorstellungen der Physiologen, die sich übrigens ja noch keineswegs alle decken, sich zu verbreiten. Darauf aber mag hingewiesen werden, dass die Ermüdung die Zusammensetzung des Blutes beeinflusst, dass sie also hervorgerufen durch die Thätigkeit bestimmter Organe nicht bloß an diesen sich geltend macht, vielmehr allgemeiner Natur ist.

Nach dieser Vorstellung müsste also z. B. eine Ermüdung durch psychische Thätigkeit durch die Bestimmung der Ermüdungskurve von Muskeln konstatiert werden können.

Sollte aber die Ermüdung zugleich auch lokalisiert sein, d. h. zwar den Allgemeinzustand dadurch beeinflussen, dass die Ermüdungsstoffe die chemische Zusammensetzung des Blutes ändern, jedoch das Organ, durch dessen Thätigkeit sie entstanden, in höherem Maße modifizieren als andere, so würde die ergographische Bestimmung der Ermüdung durch psychische Thätigkeit doch brauchbare Resultate liefern. Denn durch die Bethätigung des Gehirns muss die Stärke und Zahl der Impulse, welche Muskelkontraktionen auslösen, beeinflusst werden. A priori dürfen wir annehmen, dass ein ermüdetes Gehirn weniger starke und wohl auch weniger zahlreiche Kontraktionen bis zur Erschöpfung der Thätigkeit einer Muskelgruppe auslöst als das nicht ermüdete. —

Sollte es nicht möglich sein die geistige Bethätigung der Schüler durch den Unterricht mittels dieser ergographischen Methode zu bestimmen? Sollte es nicht möglich werden ein objektives Maß für die Ermüdung durch die Schulthätigkeit zu gewinnen, ja vielleicht auf experimentellem Wege zu bestimmen, in welcher Gruppierung die verschiedenen Disziplinen die geringste Ermüdung verursachen?

Diese Fragen drängten sich mir bei der Lektüre von Mosso's Buch unwillkürlich auf und es schien mir ihre experimentelle Prüfung

1) Die Ermüdung. Von A. Mosso, Professor der Physiologie an der Universität Turin. Deutsch im Verlage von S. Hirzel. Leipzig 1892.

auch für den Fall von Interesse zu sein, als sie zu einem negativen Ergebnisse führen sollte.

Bei meinen Untersuchungen bediente ich mich des von Mosso erfundenen Ergographen. Bezüglich der Beschreibung des Apparates verweise ich auf S. 87—90 des zitierten Werkes. Herr Mosso brachte an demselben eine mir sehr zweckdienliche kleine Veränderung an, indem der Läufer des Schreibapparates einen Stift über einen zwischen den beiden Messingsäulchen sich hinbewegenden Papierstreifen hingleiten lässt. Die Höhe der gezeichneten Linie wird das Maß der Stärke einer Zusammenziehung der Beuger des Mittelfingers.

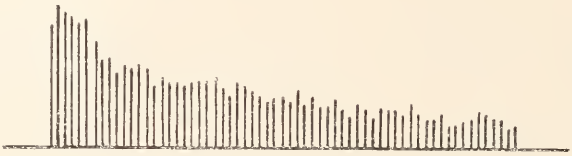
Ich beschränke mich in dieser ersten vorläufigen Mitteilung der Ergebnisse vieler Versuche auf die Wiedergabe des Einflusses geistiger Arbeit auf den Verlauf der Ermüdungskurve ein und desselben Schülers. Derselbe ist ein recht gut beanlagter nicht sehr kräftiger Jüngling von 14 Jahren.

In einer I. Versuchsreihe bestand die geistige Thätigkeit in den psychischen Prozessen, welche sich beim möglichst schnellen Lesen deutscher Wörter in Antiqua gedruckt abspielen. Analysieren wir diese Vorgänge, dann können wir sie in 5 Phasen gliedern. Der von den Buchstabenbildern ausgeübte Reiz wird vom Sinnesorgan zum Gehirn geleitet. Hier gelangen sie zum Bewusstsein, „sie treten, um mit Wundt zu reden, in das Blickfeld des Bewusstseins". Dieser Perzeption folgt die Apperzeption, d. h. dem Bewusstwerden des Reizes folgt die Erfassung durch die Aufmerksamkeit, der Reiz tritt in den Blickpunkt der Aufmerksamkeit". Die 4. Phase ist der Willensimpuls, die Auslösung der Bewegung der Muskeln der Sprachorgane, die 5. die Leitung der motorischen Erregung zu diesen Muskeln. Da aufeinander folgende Wörter gelesen werden, schließt sich natürlich nicht immer Phase 1 des folgenden Vorganges an Phase 5 des vorangehenden an, sondern die Phasen werden zum Teil sich decken. Die Dauer für den Vorgang des Lesens eines Wortes oder einer Silbe wird daher im nachfolgenden kleiner sein, als wenn das Erkennen und Aussprechen eines einzelnen Wortes mit Hilfe des Kymographen und Chronoskops bestimmt würde. Die Methode hat aber, wie schon Cattel in einer Untersuchung „Ueber die Zeit der Erkennung und Benennung von Schriftzeichen etc." mit Recht bemerkt, den Vorteil, dass die „gemessenen Vorgänge sich denen des wirklichen Lebens" nähern, ich kann sagen, Bethätigungen durch das Schulleben gleichen. Mir bietet sie den Vorteil, dass ich bei verschiedenen Versuchsobjekten Sinnesorgan, zentripetale und zentrifugale Nerven, Nervenzellen und gewisse Muskeln in gleichem Maße bethätigen kann. Diese Folge psychischer Vorgänge stellen mir gleichsam das Gewicht vor, mit welchem ich zu jeder Zeit die gleiche Belastung zu erzielen vermag, ein Umstand der natürlich für meine Versuchszwecke, Bestimmung der Beziehung geistiger Thätigkeit zur Ermüdung, sehr wichtig ist.

Versuche vom 9. Februar 1893. Beginn 8 Uhr.

Die Schnur des Gewichtes des Ergographen ist am 2. Gliede des Mittelfingers der rechten Hand befestigt und dieser hebt, indem er sich beugt, 2 Kilogramm. Nach dem Takte eines Metronoms, das alle Sekunden schlägt, zieht E. J. die Beugemuskeln des Mittelfingers zusammen. Nach 63 Kontraktionen sind die Muskeln so ermüdet, dass sie nicht mehr die Kraft besitzen, das Gewicht zu heben. Die 63 Maßstriche haben zusammen eine Höhe von 488,8 mm. Die Flexoren des Zeigefingers waren also zum Beginne unserer Versuche befähigt bis zu ihrer Erschöpfung eine Arbeit von 0,9776 Kgmetern zu leisten (vergl. Fig. 1).

Fig. 1.



Es wurden nun in 8 rasch aufeinander folgenden Serien zusammen 1386 Wörter (Abschnitte aus Oechsli's Lehrbuch für den Geschichtsunterricht) gelesen. Die nachfolgende Tabelle gibt für jede Serie die durchschnittliche Zeit an, die für die Erkennung und Benennung eines Wortes, bezw. einer Silbe, nötig war.

Serie	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Zeit in Sekunden pro Wort	0,355	0,339	0,339	0,394	0,368	0,379	0,327	0,319
Zeit in Sekunden pro Silbe	0,186	0,197	0,182	0,198	0,185	0,194	0,162	0,168

Die Dauer, welche im Mittel für die Erkennung und Benennung eines Wortes nötig war, betrug also 0,3515 Sekunden, für die Silbe 0,184 Sek.; die Maximaldauer war für das Wort 0,394 Sek., für die Silbe 0,198 Sek.; die Minimaldauer 0,319 Sek. bezw. 0,162.

Die Maximaldauer kann nicht als Wirkung der Ermüdung bezeichnet werden, denn sie tritt nicht am Ende der Versuchsreihe sondern in der Mitte auf. Eine Ermüdung, die sich in einer Verlangsamung der psychischen Vorgänge verraten würde, ist während dieser 8 sich folgenden Versuchsreihen nicht wahrzunehmen; wir sehen ja vielmehr, dass die Minimaldauer der Vorgänge mit den beiden letzten Serien zusammenfällt.

Nach dieser Leseprobe wird $8.^{35}$ die Ermüdungskurve in gleicher Weise wie früher bestimmt.

Es ergibt sich folgendes Resultat (vergl. Fig. 2).

Die Maßstriche der Kontraktionen sind bedeutend vermehrt. Ihre Zahl beträgt 82. Sie sind aber auch, die letzten 10 etwa ausgenommen, länger als die resp. Maßstriche der I. Ermüdungskurve. Sie repräsen-

Fig. 2.

tieren zusammen eine Länge von 0,7455 Metern. Die Beuger des rechten Zeigefingers leisten also nunmehr bis zur Erschöpfung eine Arbeit von 1,491 Kilogrammmetern.

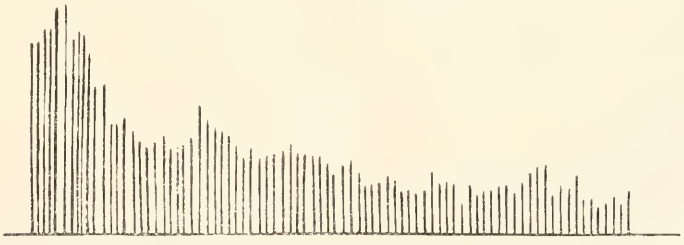
Nach kurzer Pause beginnt eine neue Leseprobe. Es werden in 3 Serien 1257 Wörter gelesen.

Serie	I	II	III
Zeit in Sekunden pro Wort . .	0,322	0,351	0,343
Zeit in Sekunden pro Silbe . .	0,184	0,181	0,184

Erkennung und Benennung erfordern also im Mittel pro Wort die Zeit von 0,338 Sek., pro Silbe 0,183 Sek. Auch jetzt ist also von einer Verlangsamung der psychischen Vorgänge nichts zu bemerken.

$8.^{50}$ erfolgt die 3. ergographische Messung (vergl. Fig. 3).

Fig. 3.



Die Zahl der Maßstriche ist gegenüber der vorigen Messung kaum verändert (81 gegenüber 82). Die Gesamtlänge hat dagegen wieder zugenommen. Sie beträgt jetzt 931,6 mm. Vor allem sind die ersten 10 Kontraktionen erheblich größer als früher. Die Arbeit, welche die Beuger des Mittelfingers nun bis zu ihrer Erschöpfung leisteten, betrug 1,8632 Kgmeter. Sie ist also gegenüber der zu Anfang des Versuches geleisteten fast verdoppelt.

Eine Eigentümlichkeit des Verlaufes der Ermüdungskurve tritt an dieser 3. Ermüdungszeichnung auffälliger als an den beiden frühern

hervor. Die Kurve hat das Bild einer geneigten Wellenlinie. Sie fällt nicht gleichförmig ab. Haben die Maßstriche eine gewisse Längenverringerung erfahren, dann erfolgt oft eine relativ beträchtliche Längenzunahme. Zehnmal zeigt sich an unserer Kurve ein ausgesprochener, auf den ersten Blick auffälliger Wellenberg. Dieser im Momente überraschende Kurvenverlauf spiegelt uns in schöner Weise den Gang der im Gehirn sich abspielenden Willensakte wieder. Das Versuchsobjekt, dessen Ermüdungszeichnung aufgeschrieben wird, hat das Gefühl der allmählichen Abnahme der Maßstriche. Ist dieses Gefühl stärker geworden, dann wird zur Auslösung der Kontraktionen eine größere Energie aufgewendet, der Willensimpuls wird stärker, als wie er bisher war. Die Ermüdung führt aber schnell wieder zur Längenverringerung der Maßstriche, bis eine erneute Vermehrung des Energieaufwandes wieder stärkere Kontraktionen auslöst, die Maßstriche länger werden lässt. Dieses Spiel wiederholt sich, bis schließlich der Grad der Ermüdung ein derartiger geworden ist, dass die Auslösung einer Kontraktion nicht mehr möglich ist.

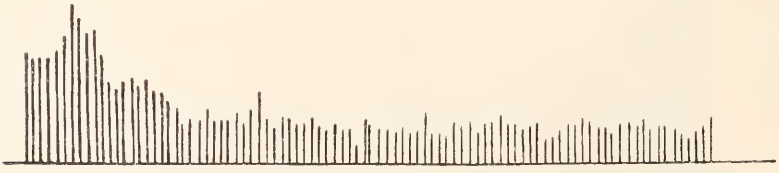
Nach kurzer Pause wurden 425 Wörter und 150 ein- und zweistellige Zahlen gelesen. Aus Gründen, die später dargethan werden, will ich die Zeitmaße für die Zahlen hier nicht berücksichtigen.

Für die Wörter waren pro Wort durchschnittlich 0,354 Sek., pro Silbe 0,183 Sek. nötig.

Da die Silbenzeit das bessere Maß als die Wortzeit sein dürfte, ergibt sich aus dem voranstehenden, dass die bisherige geistige Bethätigung mit den kleinen eingeschobenen Pausen noch nicht zu einer Verzögerung des Erkennens und Wiedergebens der Wortbilder führte.

$9.^{5}$ Uhr erfolgt wieder eine ergographische Messung (vergl. Fig. 4).

Fig. 4.

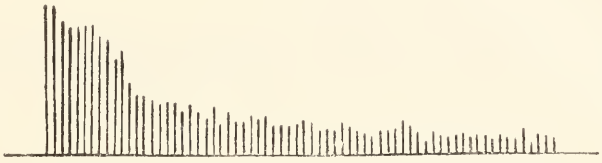


Die Zahl der Kontraktionen, die ausgelöst werden, ist eine noch größere, als in den vorangehenden Aufzeichnungen der Ermüdungskurve. Die Willensimpulse aber sind schwächer geworden. Sie vermögen nicht mehr so starke Bewegungen auszulösen, wie in den beiden vorangegangenen Fällen. Die Gesamtlänge der Maßstriche beträgt nur noch 0,6495 Meter, die geleistete Arbeit somit 1.299 Kilogrammmeter.

Es folgt nun eine fast $^{5}/_{4}$stündige Pause, welche E. J. spazierend zubringt. $10.^{15}$ Uhr wird wieder die Ermüdungszeichnung aufgeschrieben. Es ergibt sich das höchst überraschende Resultat, dass trotz des Aus-

ruhens die Zahl der Kontraktionen erheblich vermindert ist, nämlich auf 68 sank und vor allem, dass sie viel weniger kräftig geworden sind. Ihre Gesamthöhe beträgt nur 408,6 mm. Die bis zur Erschöpfung geleistete Arbeit ist also 0,817 Kgmeter; sie ist kleiner als vor $2^1/_4$ Stunden, zu Beginn der Versuche (vergl. Fig. 5).

Fig. 5.



Die vorangehenden ergographischen Messungen zeigen uns, dass die geistige Arbeit zunächst die Leistungsfähigkeit vermehrt. Die Arbeit wirkt erregend. Sie steigert die Leistungsfähigkeit bis fast auf das Doppelte der ursprünglichen. Dieser Moment war in unserer Versuchsreihe nach 50 Minuten geistiger Arbeit (die Pausen, die durch die Untersuchungsmethode bedingt waren, sind eingerechnet. Die unmittelbare geistige Bethätigung betrug nur $^1/_3$ der angegebenen Zeit) erreicht. Dann sinkt die Leistungsfähigkeit und zwar verrät sich der Zustand der Ermüdung d. h. eine Leistungsfähigkeit, die geringer ist als die ursprüngliche, sogar sehr deutlich nach mehr als 1stündiger Pause. Die Ermüdung erscheint also hier als lange andauernde Nachwirkung der vorangegangenen Erregung.

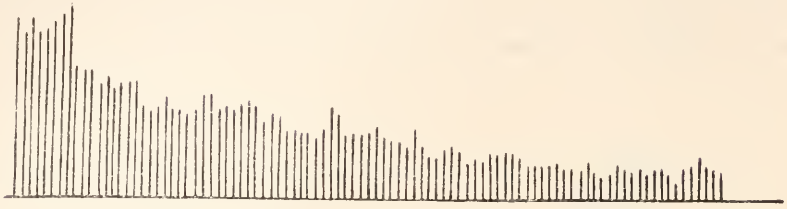
Eine II. Versuchsreihe schließt sich unmittelbar an diese erste an. Ich beschränke mich auf die tabellarische Wiedergabe ihrer Resultate, da die Ausführung der vorangegangenen völlig entspricht.

Serie	Zahl der gelesenen Wörter	Zahl der gelesenen Silben	Zeit pro Wort in Sekunden	Zeit pro Silbe in Sekunden
I	100	216	0,408	0,188
II	211	422	0,346	0,173
III	210	403	0,342	0,178
IV	109	205	0,363	0,194
V	206	396	0,358	0,186
VI	218	397	0,327	0,179
VII	209	413	0,382	0,194
VIII	101	203	0,342	0,170
	1364	2655	0,358	0,183

$10.^{35}$ Uhr ergographische Messung. Zahl der Kontraktionen 94. Gesamtlänge der Maßstriche 0,9285 Meter. Die Arbeit, welche die

Flexoren bis zu ihrer Erschöpfung leisteten, betrug also 1,857 Kgmeter (vergl. Fig. 6).

Fig. 6.

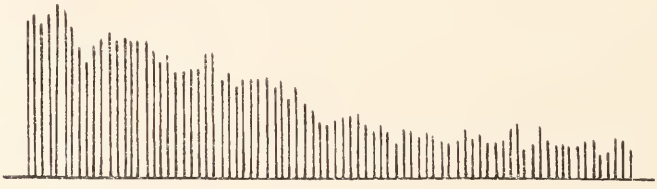


Es folgt nach einer Pause von einigen Minuten eine neue Leseprobe:

150 Zahlen mit 330 Silben; pro Zahl 0,457 Sekunden
pro Silbe 0,208 „
399 Wörter mit 802 Silben; pro Wort 0,349 „
pro Silbe 0,173 „

$10.^{50}$ Uhr ergographische Messung (vergl. Fig. 7). Zahl der Kontraktionen 79. Gesamtlänge der Maßstriche 0,8481 Meter. Die Arbeit, welche die Beuger bis zu ihrer Erschöpfung leisteten, betrug also 1,6962 Kgmeter.

Fig. 7.



Nach kurzer Pause neue Leseprobe.

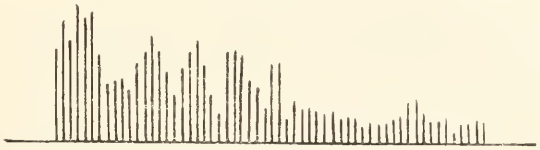
Serie	Zahl der gelesenen Wörter	Zahl der gelesenen Silben	Zeit pro Wort in Sekunden	Zeit pro Silbe in Sekunden
I	402	789	0,353	0,180
II	407	800	0,316	0,165
III	408	793	0,309	0,167
	1217	2382	0,326	0,171

$11.^{3}$ Uhr ergographische Messung. Zahl der Kontraktionen 60. Gesamtlänge der Maßstriche 0,432 Meter. Die Arbeit, welche die Beuger des Mittelfingers bis zur Erschöpfung ausführten, war 0,864 Kgmeter (vergl. Fig. 8).

Pause bis $12.^{15}$ Uhr, dann ergographische Messung (vergl. Fig. 9). Zahl der Kontraktionen 50. Gesamtlänge der Maßstriche 0,4149 Meter. Die Arbeit, welche die Flexoren bis zur Erschöpfung leisteten, war 0,8298 Kgmeter.

Es zeigt also diese Versuchsreihe im Prinzip den analogen Verlauf wie die vorige. Die Arbeit erhöht die Leistungsfähigkeit. Das Maximum dieser ist aber schneller erreicht, mit andern Worten es erzielt in dieser Versuchsreihe, der nur eine kürzere Ruhe des Gehirns voranging, eine viel kleinere Hirnthätigkeit den Zustand der Erregung. Sie ist zeitlich bestimmt nur halb so groß wie im vorigen Falle. Die gleiche Arbeits-

Fig. 8.



dauer, welche in der Versuchsreihe von 8—10.[15] Uhr zum Maximum der Leistungsfähigkeit führte, lässt nunmehr erheblich kleinere Werte entstehen. Denn der Arbeitsleistung von 1,6962 Kgmeter korrespondiert eine Hirnbethätigung von nur $^2/_3$ jener frühern, zum Maximum führenden, und der Arbeit von 0,864 Kgmeter, die also nicht einmal die halbe Leistungsfähigkeit jenes ersten Maximums darstellt, entspricht eine Bethätigung des Gehirns, die nicht $^1/_5$ größer ist, als jene frühere.

Fig. 9.

Diese Resultate sind wohl nur so zu deuten, dass das Gehirn trotz der mehr als 1stündigen Pause noch nicht vollständig ausgeruht hatte, als es zu neuer Bethätigung herangezogen wurde. Kann nun auch dessen Leistungsfähigkeit so groß sein, wie die des ausgeruhten Gehirns, so ist sie nicht so anhaltend. Schneller tritt der Zustand verminderter Leistungsfähigkeit ein.

So nahe es läge hieran Betrachtungen über die vierstündig aufeinander folgende Schulbethätigung oft recht jugendlicher Schüler anzuknüpfen, ich will mich doch vor der Hand jeglicher Reflexionen enthalten, da ja das von uns konstatierte Verhalten von individueller Natur sein könnte.

Auch in dieser 2. Versuchsreihe reichte eine fast $^3/_4$stündige Pause nicht hin um die Leistungsfähigkeit vom Morgen (vergl. Fig. 1) wieder herzustellen.

Eine 3. Versuchsreihe begann am gleichen Tag um 3.[20] Uhr. Die Ermüdungszeichnung, die E. J. aufschrieb, ist eine etwas kräftige Kopie der Fig. 1. Die Zahl der Maßstriche ist etwas vergrößert, ein Teil der Kontraktionen, namentlich die 15 ersten, etwas kräftiger, so

dass die Gesamtlänge der Maßstriche größer wird als bei der 1. ergographischen Messung, nämlich 0,5233 Meter. Die Arbeit, die die Kontraktoren bis zu ihrer Erschöpfung leisten, ist demnach etwas größer, nämlich 1,0466 Kgmeter.

Nicht nur der langen Ruhe, deren E. J. gepflogen, dürfte das zuzuschreiben sein, sondern auch dem Mittagessen, das er um $12^1/_2$ Uhr zu sich nahm.

Die geistige Bethätigung besteht wieder im Erkennen und Aussprechen von zu Sätzen vereinten Wörtern. Nachfolgend gebe ich die tabellarische Zusammenstellung der bezw. Resultate.

Serie	Zahl der gelesenen Wörter	Zahl der gelesenen Silben	Zeit pro Wort in Sekunden	Zeit pro Silbe in Sekunden
I	107	199	0,305	0,164
II	220	423	0,303	0,157
III	215	445	0,316	0,153
IV	105	200	0,295	6,155
V	218	419	0,283	0,147
VI	211	419	0,307	0,155
VII	215	395	0,305	0,166
VIII	105	204	0,331	0,171
	1396	2704	0,305	0,157
	Summe		Durchschnitt	

In mehrfacher Beziehung sind diese Zahlen von Interesse. Die Zeit, die durchschnittlich zum Lesen eines Wortes wie einer Silbe nötig war, ist erheblich kleiner als in den bisherigen Versuchen. Es deuten dieselben also zweifellos an, dass die am Vormittag bethätigten Organe ihre volle Leistungsfähigkeit wieder erlangten. Die kürzere Zeit, die zum Lesen nötig war, hat vielleicht ihre Ursache teils in der vermehrten Uebung im Schnelllesen, teils in der gesteigerten Aufmerksamkeit, durch welche die Apperzeptionszeit verkürzt wurde.

(Schluss folgt.)

Einsendungen für das Biol. Centralblatt bittet man an die ***Redaktion, Erlangen, physiol. Institut, Bestellungen*** *sowie alle* ***geschäftlichen,*** *namentlich die auf* ***Versendung des Blattes,*** *auf* ***Tauschverkehr*** *oder auf* ***Inserate*** *bezüglichen Mitteilungen an die* ***Verlagshandlung Eduard Besold, Leipzig, Salomonstr. 16,*** *zu richten.*

Verlag von Eduard Besold (Arthur Georgi) in Leipzig. — Druck der kgl. bayer. Hof- und Univ.-Buchdruckerei von Junge & Sohn in Erlangen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1894

Band/Volume: 14

Autor(en)/Author(s): Keller Robert

Artikel/Article: Pädagogisch-psychometrische Studien. 24-32