

(Aus dem physiologischen Laboratorium der Psychiatrischen und Nervenlinik
Freiburg i. Br. — Prof. Dr. *Beringer*.)

Die Hirnpotentiale beim Lesen.

Von

Dr. H. Ruf, und Dr. G. Vattuone,
z. Zt. Oberarzt Univ.-Nervenlinik Rom
in einer Heeresanitätsstaffel (Italien).

Mit 8 Textabbildungen.

(Eingegangen am 8. Februar 1943.)

In der vorliegenden Arbeit werden an gesunden Versuchspersonen die elektrischen Vorgänge der Hirnrinde im Elektrencephalogramm (EEG) beim Lesen, bei geschlossenen und offenen Augen sowie beim Fixieren untersucht.

Aus der Literatur ergeben sich widersprechende Befunde über das EEG beim Lesen. *Adrian* und *Matthews*¹ (1934) fanden beim Lesen keine α -Wellen, auch *Loomis* und *Harvey*, *Hobart*⁷ (1936) vertraten diese Ansicht. Sie unterstrichen, daß die bei offenen Augen noch vorhandenen α -Wellen beim Lesen verschwinden. *Knott*⁵ (1938) stellte beim Lesen nur eine Abnahme der α -Wellen fest, während die β -Wellen zunahmen. Beim Still-Lesen wurde der α -Rhythmus nur wenig, beim Laut-Lesen stark vermindert. *Gemelli*² (1938) führte an, daß *Rohracher* bei 5 Versuchspersonen während des Lesens immer noch α -Wellen fand. Neuerdings legte *Rohracher*³ (1941) dar, daß die α -Wellen bei geistig trainierten Menschen während geistiger Arbeit nur in kleinen Serien, häufig durch längere Zeit nur vereinzelt auftreten, während geistig ungeübte Personen schon nach kurzer Beanspruchung lange α -Stadien aufweisen. *Jung*⁴ (1939) erwähnte, daß gelegentlich noch parietal α -Wellen erhalten sein können, während sie occipital verschwunden sind.

Methodik.

An 20 gesunden Versuchspersonen wird bei geschlossenen und offenen Augen, beim Fixieren und Lesen das EEG aufgenommen. Es wird die unipolare und die bipolare Ableitung benutzt und meist bei der gleichen Versuchsperson unipolar und bipolar abgeleitet. Bei der bipolaren Ableitung werden 3 verschiedene Ableitungen vorgenommen, jeweils mit 4 Elektroden in Reihenanzordnung.

1. Zur genauen Lokalisation des Fokus mit kleinem Elektrodenabstand von 5 cm über der hinteren Schädelhälfte, wobei die Elektroden occipital tief, occipital hoch, parietal und präzentral angelegt werden.

2. Die übliche Reihenableitung über der ganzen Konvexität einer Seite mit occipito-parietalen, parieto-präzentralen und präzentral-frontalen Elektrodenpaaren im Abstand von 7—8 cm.

3. Elektroden mit weitem Abstand (occipito-präzentral und parieto-präzentral.)

Bei den unipolaren Ableitungen werden die α -Prozent bei geschlossenen und offenen Augen, beim Lesen und bei einigen auch beim Fixieren ausgerechnet. Die Amplitudengröße wird jeweils nach den größten Ausschlägen bestimmt. Für die Beschreibung des EEGs wird die übliche Einteilung in α -, β - und δ -Wellen benutzt.

α -Wellen von 8—13 pro Sek.

β -Wellen über 13 pro Sek.

δ -Wellen unter 8 pro Sek.

Die Registrierung wird mit dem von *R. Jung*⁴ (1939) angegebenen Apparat vorgenommen.

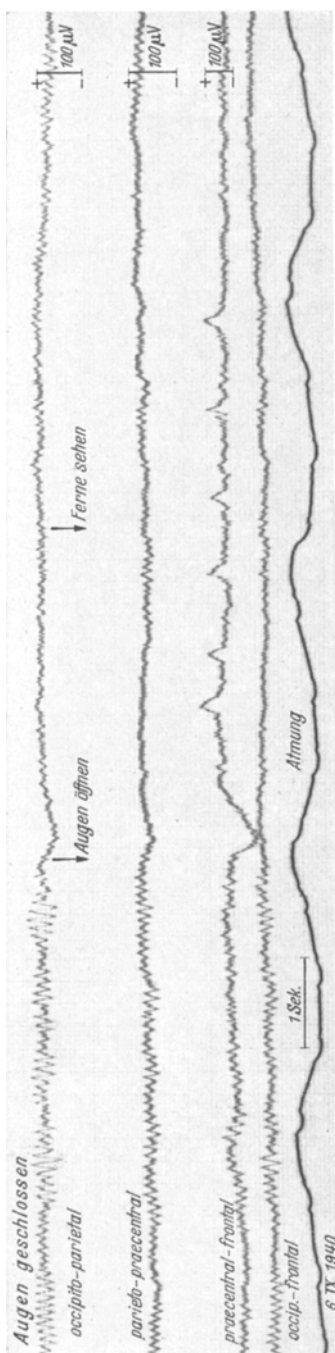


Abb. 1.—4. R. J. Nr. 549/40. Reihenableitung links mit einem Elektrodenabstand von 5 cm.

Abb. 1. Bei geschlossenen Augen über allen Hirnteilen α -Wellen mit einer Frequenz von 10—11,5/Sec. und einer Amplitude von 80 μ V. In der par.-präz. Ableitung fast nur α -Wellen mit einer Frequenz von 11/Sec. und einer Amplitude von 40 μ V. Daneben wenige β -Wellen mit einer Frequenz von 20/Sec. Präz.-front. nur noch wenige α -Wellen mit einer Amplitude von 50—70 μ V. In Gruppen auftretend, während zahlreiche β -Wellen mit einer Frequenz von 20—30/Sec. und einer Amplitude von 35 μ V vorhanden sind. Beim *Augenöffnen* zunächst völlige Hemmung des α -Rhythmus, und zwar par.-präz. und präz.-front., hingegen occ.-par. noch einige Wellen von 12/Sec., später von 10/Sec. und einer Amplitude von 20 μ V. Nach 3 Sek. par.-präz. vorübergehend einige α -Wellen von 10/Sec. und einer Amplitude von 30 μ V. In allen Ableitungen zahlreiche β -Wellen. (Die größeren Schwankungen präz.-front. sind Augenartefakte.) Beim in die *Fernsehen* treten occ.-par. häufiger α -Wellen mit einer Frequenz um 10/Sec. und einer Amplitude von 20—40 μ V auf. Bei Augenöffnen und Fernsehen präz.-front. nur gelegentlich eine α -Welle.

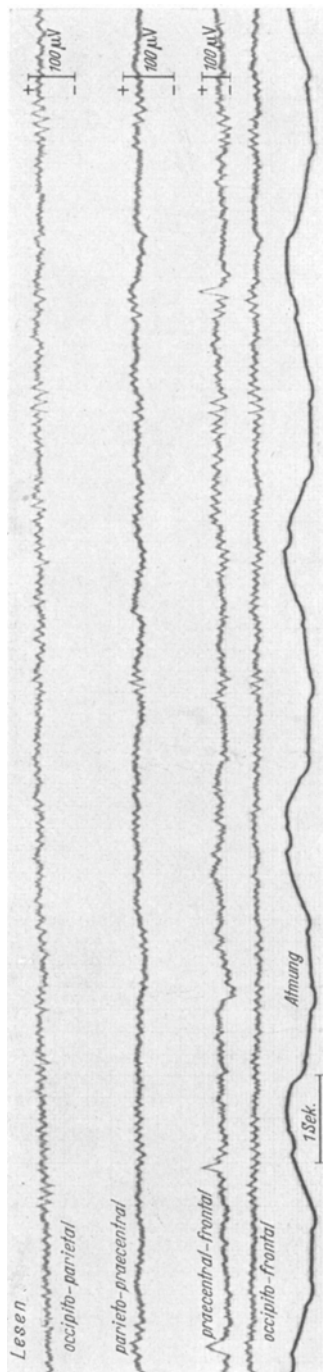


Abb. 2. Beim *Lesen* zunächst nur β -Wellen, besonders präz.-front. von 25—30/Sec. und 25 μ V. Nach 1 $\frac{1}{4}$ Sek. und dann nach 3 Sek. in allen Ableitungen einige α -Wellen mit einer Frequenz von 10/Sec. und einer Amplitude von 35 μ V, später bis 45 μ V, par.-präz. 35—50 μ V, präz.-front. 50—90 μ V. Focus vorwiegend präz.-front.

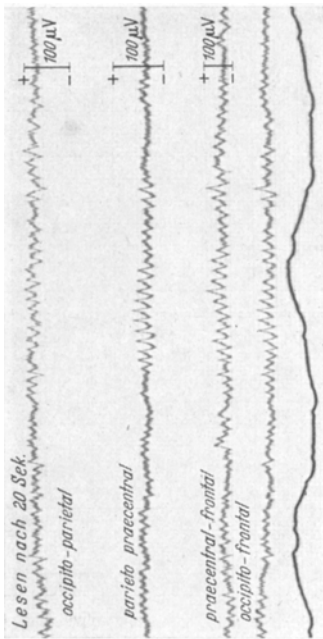


Abb. 4.

Abb. 4. Lesen nach 20 Sek. lang bestehender α -Rhythmus mit einer Frequenz um 9/Sek. und einer Amplitude von 50 μ V. Focus temporal. Dann wieder β -Wellen mit vereinzelt α -Wellen.

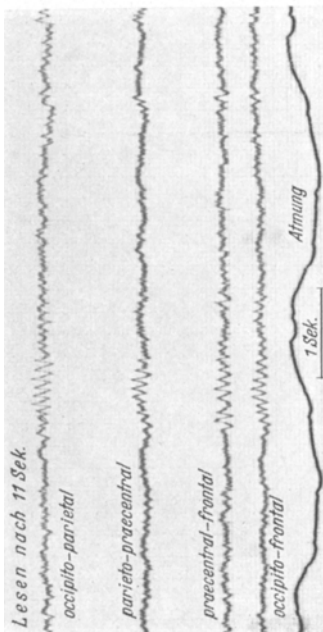


Abb. 3.

Abb. 3. Lesen nach 11 Sek. Zuerst nur β -Wellen in den 3 Ableitungen. 2 1/2 Sek. später in allen Ableitungen α -Rhythmus mit einer Frequenz um 9/Sek. und einer Amplitude von 50 μ V. Focus temporal. Dann wieder β -Wellen mit vereinzelt α -Wellen.

Abb. 4. Lesen nach 20 Sek. Neben zahlreichen α -Wellen ein 2 Sek. langes Stadium mit α -Wellen um 9/Sek. in allen 3 Ableitungen, wobei occ.-par. zahlreiche β -Wellen dazwischen gestreut sind. Focus nach präz.-front. gewandert. α -Wellen mit einer Amplitude bis 90 μ V. In allen 3 Ableitungen β -Wellen von 20—30/Sek. mit einer Amplitude von 15—25 μ V.

Ergebnisse.

Die Beschreibung des EEGs ist infolge der großen individuellen Variationen, die sich schon beim Gesunden zeigen, schwierig. Es erfolgt daher der Übersicht halber eine Einteilung in verschiedene Gruppen, wie sie sich bei der Untersuchung ergaben.

Bei *geschlossenen Augen* lassen sich *folgende Typen* aufstellen:

1. Ausgeprägte α -Typen mit occipitalem Focus.
2. Periodisch wechselnde α -Typen mit occipitalem Focus.
3. Typen mit geringen oder fast fehlenden α -Wellen.
4. Ausgeprägte β -Typen mit α -Wellen.

Beim *Lesen* spalten sich diese Typen wieder in *zahlreiche Untergruppen* auf.

Von *Typ 1 und 2* läßt sich *nach den α -Wellen* folgende Einteilung machen:

1. Erhaltenbleiben des α -Rhythmus mit geringer Reduktion.
2. Vorübergehend blockierte mit später auftretenden seltenen α -Wellen.
3. Periodisch auftretende α -Wellen.
4. Langsamere α -Wellen oder intermediäre δ -Wellen.
5. Beschleunigung der α -Wellen mit Übergang in langsame β -Wellen.
6. Einteilung nach dem Focus.

a) Mit unverändertem Focus occipital oder parietal.

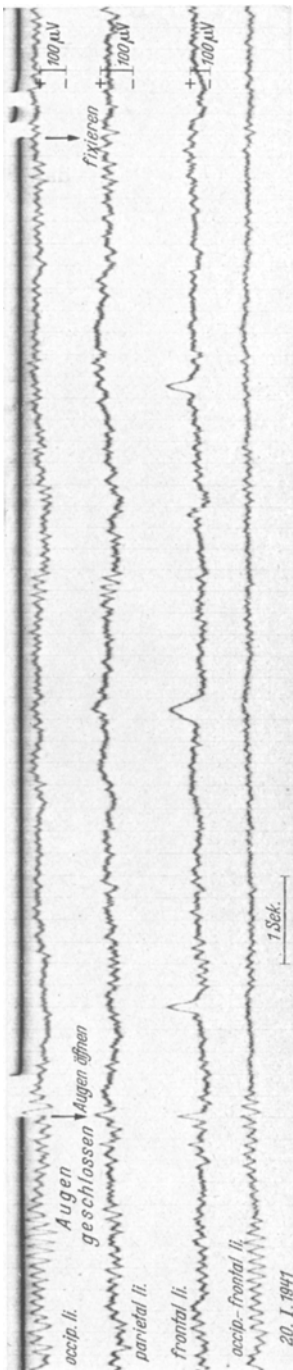


Abb. 5.

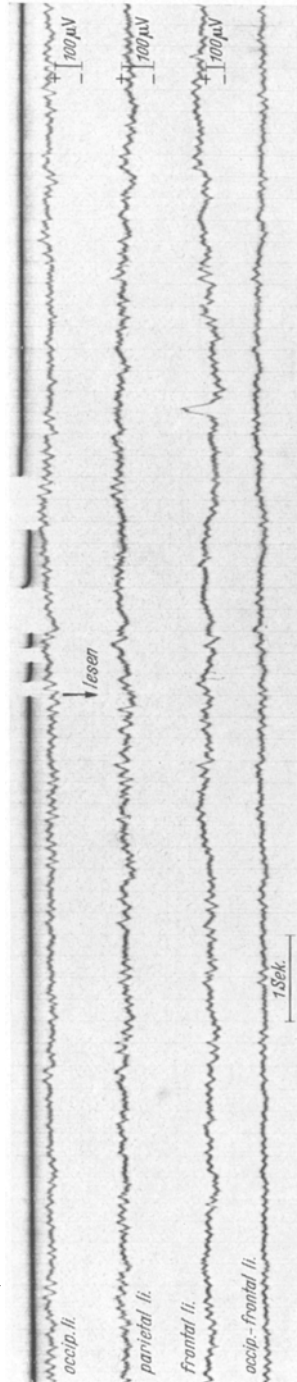


Abb. 6.

Abb. 5 und 6. H. Do. 39/41. Unipolare Ableitung links mit einem Elektrodenabstand von 7 cm. Bei *geschlossenen* Augen occ. α -Wellen von einer Frequenz von 9,5/Sek. mit einer Amplitude bis 100 μ V. Par. und front. zeigen die α -Wellen eine wesentlich kleinere Amplitude von etwa 60 μ V mit da- zwischenliegenden β -Wellen von einer Frequenz von 20/Sek. Occipitaler Focus. Nach *Augenöffnen* zunächst fast vollständige Hemmung der α -Wellen. Nach etwa 1 Sek. treten par. und front., später auch occ. wieder α -Wellen auf. Occ. nach wenigen Sek. ein α -Rhythmus mit verminderter Amplitude von etwa 50 μ V. Par. und front. nur einzelne Gruppen von α -Wellen mit zahlreichen β -Wellen vorwiegend par. Die großen Ausschläge front. sind Augenartefakte. Beim *fixieren* in allen Ableitungen α -Wellen von verminderter Amplitude. Die Auszählung der α -Prozent über größere Strecken ergibt zwischen 50—60 % in den 3 Ableitungen. Beim *lesen* zuerst stärkere Hemmung des α -Rhythmus besonders par. und front. Occ. ständig α -Wellen mit einer Frequenz von 10—12/Sek. und einer Amplitude von 60 μ V vorhanden, die von α -Wellen unterbrochen werden. Nach 2—3 Sek. auch par. und front. α -Wellen mit einer Frequenz von 10—12/Sek. Daneben β -Wellen.

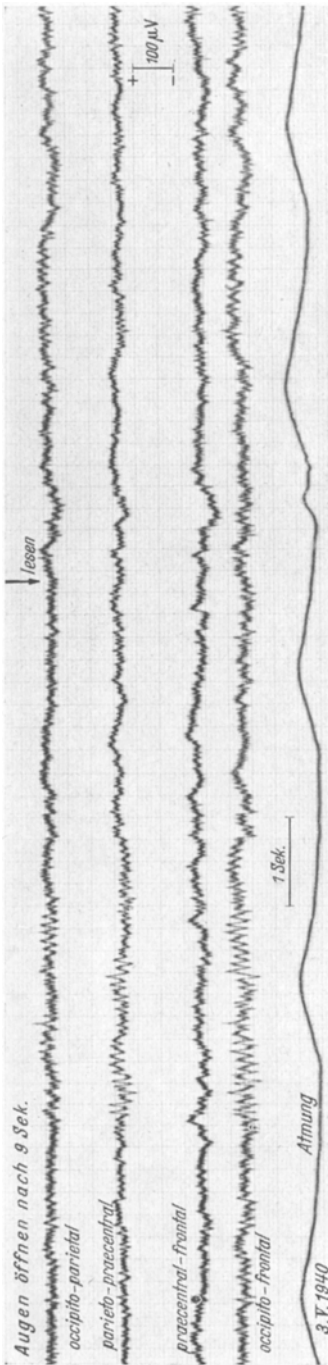


Abb. 7.

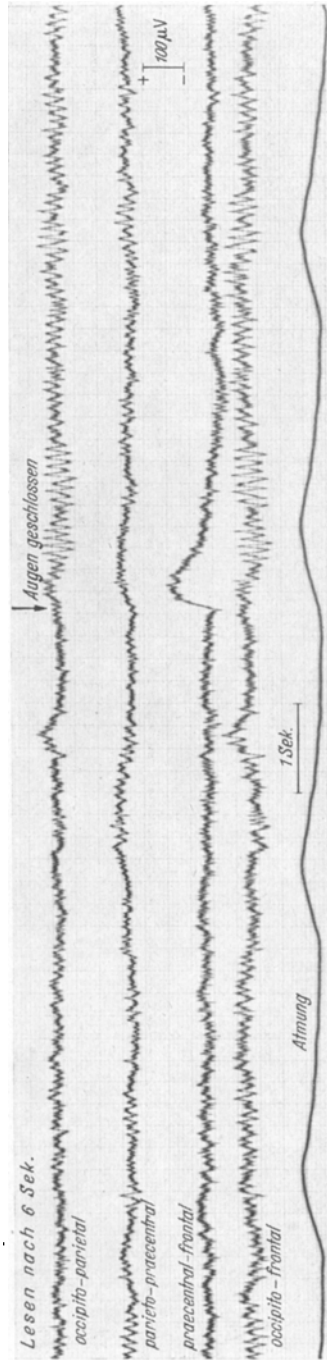


Abb. 8.

Abb. 7 und 8. G. We. 357/40. Reinechableitung links mit einem Elektrodenabstand von 5 cm. Bei geschlossenen Augen occipitaler Focus. α -Rhythmus um 10/Sek. occ.-par. mit einer Amplitude von 100 μ V. Par.-präz. nur vereinzelt α -Wellen um 10/Sek. und einer Amplitude von 60 μ V. Par.-präz. und präz.-front. zahlreiche β -Wellen. Occ.-par. ebenfalls β -Wellen dazwischengestreut. Nach Augenöffnen zuerst völlige Hemmung des β -Rhythmus. In allen Ableitungen zahlreiche β -Wellen mit einer Frequenz von 20—30/Sek. und einer Amplitude von 35 μ V. Nach 12 Sek. nach Augenöffnen zuerst par.-präz. Gruppen von α -Wellen von 10—12/Sek. und einer Amplitude von 60 μ V. Nach 14 Sek. nach Augenöffnen auch occ.-par. eine Gruppe von α -Wellen um 10/Sek. Vorher occ.-par. und par.-präz. nur vereinzelt α -Wellen. Beim Lesen zunächst par.-präz. und präz.-front. nur β -Wellen. Occ.-par. vereinzelt α -Wellen, die zwischen den zahlreichen β -Wellen eingestreut liegen. 6 Sek. nach Beginn des Lesens par.-präz. eine Gruppe von α -Wellen um 11,5/Sek. und 60 μ V. Auch später treten nach β -Wellen wieder vereinzelt Gruppen von α -Wellen auf. Occ.-par. keine Gruppen von α -Wellen feststellbar. Präz.-front. nur β -Wellen.

b) Focuswanderung von hinten nach vorn, und zwar

1. occipito-parietal,
2. parietal,
3. präzentral,
4. temporal.

Von *Typ 1 und 2* kann nach den β -Wellen folgende Aufteilung gemacht werden:

1. Vermehrung der β -Wellen.
2. Verschiedene Lokalisation der β -Wellen.
3. Verschiedene Frequenz der β -Wellen über den verschiedenen Hirnregionen.
4. Aufspaltung in β -Wellen.

Von *Typ 3* lassen sich beim Lesen folgende beide Untergruppen aufstellen:

1. Weitere Verminderung der α -Wellen.
2. Unregelmäßige Schwankungen.

Von *Typ 4* spalten sich ab:

1. Abnahme der Frequenz der α -Wellen.
2. Zunahme der Frequenz und Ausprägung der β -Wellen.

Tabelle 1. Vp. 1 (G. Hö.). Seltener α -Rhythmus mit Verminderung beim Lesen.

	Augen geschlossen		Augen offen		Lesen	
	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$
Occipital	45	20	20	3	20	1,5
Parietal	20	6	20	2	20	1,5
Frontal	20	3	20	0,75	20	2

Tabelle 2. Vp. 2 (G. We.). Ausgeprägter α - und β -Rhythmus mit starker α -Verminderung beim Lesen.

	Augen geschlossen		Augen offen		Lesen	
	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$
Occipital	80	85	50	7	45	12
Parietal	50	62	60	8	45	11
Frontal	30	23	30	13	35	7
	μV	$\beta\%$	μV	$\beta\%$	μV	$\beta\%$
Occipital	40	10	35	72	35	67
Parietal	35	46	35	62	30	55
Frontal	35	84	35	68	35	75

Tabelle 3. Vp. 3 (R. Ju.). Ausgeprägter α -Rhythmus mit mäßiger Verminderung beim Lesen.

	Augen geschlossen		Augen offen		Fernesehen		Lesen	
	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$
Occipital	80	87	70	41	60	35	30	30
Parietal	50	73	50	38	40	39	30	30

Tabelle 4. Vp. 4 (H. Do.). Sehr ausgeprägter dominanter α -Rhythmus mit geringer Verminderung beim Lesen.

	Augen geschlossen		Augen offen		Fernesehen		Bildfixieren		Lesen	
	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$
Occipital . .	90	94	50	70	50	66	35	63	40	68
Parietal . .	60	82	60	43	50	50	35	48	40	53
Frontal . .	40	75	35	34	30	54	35	57	40	40

Tabelle 5. Vp. 5 (W. Fe.). Ausgeprägter α -Rhythmus mit parietalem Focus und Erhaltenbleiben der α -Wellen auch beim Lesen.

	Augen geschlossen		Fernesehen		Leise-Lesen		Laut-Lesen	
	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$	μV	$\alpha\%$
Occipital	55	77	50	67	35	56	40	31
Parietal	85	74	85	73	60	75	85	67

Zur genaueren Übersicht, in welchem Maße sich die α - und β -Wellen in ihrer Ausprägung ändern, werden bei einigen Versuchspersonen (Vp.) α - und β -Prozent ausgezählt.

5 Beispiele verschiedener Typen werden angegeben.

Die Prozentzahlen stellen den Anteil der α - bzw. β -Wellen in Zentimeter für 1 m Registrierung bei einer Papiergeschwindigkeit von 20 mm in der Sekunde dar. Die Ausrechnung der α -Prozent wurde bei unipolarer Ableitung (α -Wellen über 20 μV), die der β -Prozent bei bipolarer Ableitung vorgenommen (β -Wellen über 10 μV).

Eine Übersicht über die Ergebnisse des EEGs beim Lesen ist aus der vorher angeführten Einteilung in verschiedene Gruppen zu entnehmen. Trotz der großen Mannigfaltigkeit des EEGs beim Lesen lassen sich einige *Typen* mit *ähnlichen Befunden* herausstellen. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß bei Typen mit ausgeprägtem α -Rhythmus (α -Typen) meist auch beim Lesen noch α -Wellen vorhanden sind. Beim Lesen und Augenöffnen ist aber die *Häufigkeit (Ausprägung) der α -Wellen und in der Regel auch die Amplitude vermindert*, während die Frequenz keine wesentliche Änderung zeigt. Eine Ausnahme macht nur die Vp.

(W. Fe.) mit parietalem Focus, wo bei offenen Augen und auch beim Lesen der α -Rhythmus *parietal* in der Ausprägung und der Amplitude etwa *gleich bleibt*, während occipital beim Leise-Lesen eine Verminderung der α -Wellen von 21%, beim Laut-Lesen eine Verminderung von 46% eintritt. (Siehe in einzelnen Tabelle 5, Vp. 5 [W. Fe.].) Dieser Fall wird als Beispiel für extremes Erhaltenbleiben des α -Rhythmus angeführt, was als eine individuelle Eigenschaft anzusehen ist. Die Vp. (H. Do.) (Abb. 5 und 6) zeigt ebenfalls das Erhaltenbleiben des α -Rhythmus über allen Hirnregionen auch beim Lesen, wobei sich lediglich eine Reduktion der Ausprägung und Amplitude findet. Auch die Vp. (R. Ju.) (Abb. 1—4) weist noch längere α -Perioden beim Lesen auf. Zu Beginn des Lesens besteht fast regelmäßig eine Hemmung des α -Rhythmus. Nach einigen Sekunden, was individuell variiert, stellen sich wieder α -Wellen ein. Bei einigen zeigen sich zunächst nur einige α -Wellen, später α -Perioden. Nach längerem Lesen sind die α -Wellen bei Versuchspersonen mit gutem α -Rhythmus im Vergleich zum Beginn des Lesens immer vermehrt. Hierbei treten die α -Wellen als Einzelwellen, in kleinen Gruppen oder Perioden auf. Bei den *gemischten α - und β -Typen*, die schon bei geschlossenen Augen zahlreiche β -Wellen besonders parietal und frontal haben, ist beim Lesen meist nur eine *starke Verminderung der α -Wellen* vorhanden, während die β -Wellen nicht vermindert werden. An die Stelle der α -Wellen treten auch occipital zahlreiche β -Wellen (vgl. Vp. 2, G. We.). Bei den *Typen mit geringem oder fehlendem α -Rhythmus* stellt sich beim Lesen eine *weitere Abnahme der α -Wellen*, oft eine Zunahme der unregelmäßigen Schwankungen, in der Regel nur eine geringe Vermehrung der β -Wellen ein.

Bei Berücksichtigung des Focus ist bei Typen mit occipitalem Focus meist auch beim Lesen der Focus occipital. In einigen Fällen findet sich allerdings eine Focuswanderung, manchmal auch nur vorübergehend, von occipital nach parietal oder temporal.

Beim Vergleich des α -Rhythmus beim Lesen mit der geistigen Struktur der Versuchspersonen (diese waren meist Ärzte, Studentinnen oder Laborantinnen) weisen auch geistig sehr regsame und begabte Menschen beim Lesen (Vp. R. Ju., Abb. 1—4) größere Perioden von α -Wellen auf. Daher kann die von *Rohracher*⁹ aufgestellte Behauptung, daß geistig geübte Versuchspersonen im Vergleich zu geistig ungeübten beim Lesen nur kleine Serien von α -Wellen, häufig nur einzelne α -Wellen und keine α -Stadien zeigen, nicht bestätigt werden.

Vergleicht man die Häufigkeit der α - und β -Wellen bei offenen Augen und beim Lesen, so ergibt sich kein wesentlicher Unterschied. Ein wesentlicher Unterschied des EEGs bei offenen Augen und beim Fixieren eines Bildes ist nicht vorhanden.

Besprechung der Ergebnisse.

Die Arbeit liefert einen Beitrag zum passiven und aktiven EEG *Bergers*. Entgegen unseren Erwartungen, beim Lesen einheitliche Befunde zu bekommen, verhielten sich die einzelnen Versuchspersonen verschieden. Da das Lesen zu den differenziertesten Tätigkeiten gehört, ergibt sich, daß mit der Differenziertheit der Tätigkeit die interindividuellen Variationen des EEGs zunehmen. Im Schlaf hingegen wird das im Wachzustand bei verschiedenen Individuen sehr unterschiedliche EEG gleichartiger (*Loomis, Harvey, Hobart* ⁸ 1938). Im Gegensatz zum aktiven EEG verschwinden hier die raschen Frequenzen. Es treten vorwiegend langsame Wellen auf. Der synchronisierte Ablauf der elektrischen Schwankungen der Hirnrinde wie im Schlaf oder im Petit mal weist auf ein Darniederliegen der Hirnfunktionen hin. Die Verminderung der rhythmischen Tätigkeit des EEGs wie z. B. beim Lesen hingegen ist Ausdruck der funktionellen Tätigkeit und nicht, wie *Kornmüller* ⁶ meint, Ausdruck einer verminderten Tätigkeit oder gar einer nervösen Hemmung.

Die von früheren Untersuchern gemachte Feststellung, daß beim Lesen keine α -Wellen vorhanden seien, ist nicht richtig. Selbst jene Typen, die bei geschlossenen Augen nur wenig α -Wellen haben, zeigen beim Lesen auch noch vereinzelte α -Wellen.

Im Gegensatz zu *Rohracher* ⁹ konnten beim Lesen keine Beziehungen zwischen dem Erhaltenbleiben der α -Wellen und der geistigen Trainiertheit der Versuchspersonen festgestellt werden. Die Abnahme der Frequenz der α -Wellen, die bei einigen Versuchspersonen beim Lesen beobachtet wird, ist als eine Ermüdungserscheinung zu deuten. Die Beziehung dieser α -Perioden zu Aufmerksamkeitschwankungen, wie sie schon *Berger* ^{1a} diskutiert hat, ist wahrscheinlich. Die Vermehrung der β -Wellen beim Lesen ist Ausdruck einer differenzierten Tätigkeit der Hirnrinde.

Zusammenfassung.

1. Bei 20 gesunden Versuchspersonen wird das EEG bei geschlossenen und offenen Augen, beim Fixieren und Lesen aufgenommen und nach verschiedenen Kriterien ausgewertet.

2. Das EEG beim Lesen zeigt bei den einzelnen Individuen eine große Verschiedenheit. Die interindividuellen Variationen des „aktiven“ EEGs beim Lesen sind noch größer als diejenigen des „passiven“ EEGs beim Augenschluß. Allgemein findet sich beim Lesen eine *deutliche Verminderung der Ausprägung und Amplitude des α -Rhythmus*. Bei occipitaler Focuslage ist diese Verminderung stärker als bei dem seltenen parietalen Hauptfocus, der fast unbeeinflusst bleiben kann.