

Aus der Universitäts-Augenklinik Tübingen (Direktor: Prof. Dr. H. HARMS).

Untersuchungen zur Physiologie des optokinetischen Nystagmus.

Änderung der Zuckungsformen in Abhängigkeit
von der Geschwindigkeit des Reizmusters.

Von

G. MACKENSEN.

Mit 8 Textabbildungen.

Die Betrachtung des optokinetischen Nystagmus als eine rhythmische Folge aus langsamer Ablenkung der Augen in die Richtung bewegter Objekte und schneller Rückbewegung in die Gegenrichtung führt ohne weiteres zu der Vorstellung, die geschilderte Hin- und Herbewegung müsse die Einheit des Nystagmus sein. Ablenkende und zurückführende Kräfte haben in dieser Doppelzuckung einmal ihre Wirksamkeit entfaltet. Die ständige Wiederholung dieses Spieles der Kräfte und der Bewegungen führt dann zum Nystagmus. Diese Vorstellung liegt allen Nystagmus-theorien zugrunde, die sich letztlich auf die „klassische“ Theorie BARANYs zurückführen lassen, sie bildet aber auch die Grundlage der allgemein üblichen Art der Auswertung des Nystagmus. Die Häufigkeit der Wiederholung einer derartigen Doppelzuckung in der Zeiteinheit wird als *Frequenz* in Hertz angegeben. Das Ausmaß der dabei vom Auge ausgeführten Exkursion — gewöhnlich das der raschen Phase — verzeichnen wir als *Amplitude* in Graden der Winkelbewegung des Augapfels. Das Bedürfnis, die mit Hilfe der Nystagmographie gemessenen Augenzuckungen durch *eine* Größe zu kennzeichnen, führte dazu, Amplitude und Frequenz miteinander zu multiplizieren. Diese Größe wird als *Stärke* (KESTENBAUM) oder als *Energie* des Nystagmus (OHM) bezeichnet. Der in einer früheren Arbeit (MACKENSEN) gemachte Vorschlag, in der Stärke des Nystagmus nicht ein Produkt, sondern die Summe der in einer Sekunde zurückgelegten Amplituden zu sehen, wird vielleicht helfen, dafür Verständnis zu wecken, daß hier zwei Größen verschiedener Dimension miteinander multipliziert werden. So ist es üblich, den unter gleichbleibenden Reizbedingungen ausgelösten, registrierten und dann ausgemessenen Nystagmus durch die arithmetischen Mittelwerte der Frequenz, Amplitude und Stärke zu charakterisieren. Das ist für viele Fälle ausreichend und hat auch dann eine Berechtigung, wenn die einzelnen, aufeinanderfolgenden Zuckungen in Dauer und Ausmaß unterschiedlich sind, da sich Unregelmäßigkeiten damit in langen Kurvenstücken ausgleichen. Die Abweichungen der

Einzelzuckungen vom Mittelwert lassen sich durch ein Streuungsmaß, wie die quadratische Abweichung, ebenfalls in Zahlen ausdrücken. Bei der Amplitude müßte streng genommen zwischen der Amplitude der langsamen und der der raschen Phase getrennt werden, da sie häufig beträchtliche Größenunterschiede aufweisen. Wenn trotzdem in den meisten Fällen allein die Angabe des Mittelwertes der Amplituden der raschen Phase ausreicht, so liegt das daran, daß bei allen Verschiedenheiten in den einzelnen Zuckungen gewöhnlich eine von der Reizmuster-geschwindigkeit abhängige mittlere Oscillationslage eingehalten wird. Der schon erwähnte Ausgleich unterschiedlich großer Amplituden ist damit zwangsläufig verbunden, da die Summen der Amplituden der langsamen Phasen und die der Amplituden der raschen Phasen dann gleich groß sein müssen. Aus dieser Überlegung geht aber auch ohne weiteres hervor, daß die Einhaltung der mittleren Oscillationslage die Voraussetzung für eine Anwendung der Mittelwertsberechnung ist.

Dieser Aufsatz soll sich mit *Besonderheiten im Ablauf des optokinetischen Nystagmus* gesunder Personen beschäftigen, die mit der eingangs skizzierten Form der üblichen Auswertung *nicht* erfaßt werden, die sich auch nicht ohne weiteres in Zahlenwerten angeben lassen, die aber doch dem Nystagmusablauf und seinem registrierten Kurvenzug ein ganz charakteristisches Gepräge geben und deshalb bei der Beurteilung bedacht sein wollen.

Alle Kurven, die dieser Abhandlung zugrunde liegen, sind bei Untersuchungen mit einer Versuchsanordnung gewonnen worden, die in einer früheren Mitteilung¹ ausführlich geschildert wurde. Zur Nystagmusauslösung dient ein Drehzylinder von 100 cm Höhe und 87 cm Durchmesser, der im Inneren senkrecht verlaufende schwarze und weiße Streifen von je 5 cm Breite enthält. Er dreht sich mit regelbarer Geschwindigkeit (etwa 40—200°/sec) um die im Drehmittelpunkt sitzende Vp. Das Reizmuster füllt bei dieser Anordnung fast das gesamte Gesichtsfeld. Als weitere Reizvorrichtung gestattet eine optische Drehschleife mit einem Reizmuster aus schwarzen und weißen Streifen von 10 mm Breite die Auslösung des Nystagmus mit Hilfe eines kleinen Reizfeldes. Die Geschwindigkeit des Reizmusters dieser Anordnung ist auch variabel (von 5—120°/sec). Die Aufzeichnung des Nystagmus erfolgt mit Hilfe der Elektronystagmographie.

Im Idealfall verläuft die langsame Phase des optokinetischen Nystagmus mit gleichbleibender Geschwindigkeit bis sie plötzlich, ohne daß sich dies vorher durch eine Geschwindigkeitsänderung angekündigt hätte, in die ebenfalls wieder mit stetiger Geschwindigkeit verlaufende rasche Phase übergeht. Auch der Übergang von der raschen in die folgende langsame Phase vollzieht sich gewöhnlich unvermittelt und plötzlich. Bei regelmäßiger Schlagfolge und unverzerrter Registrierung entsteht deshalb das Umrißbild einer scharfzackigen Säge. So übersichtliche Verhältnisse treffen wir jedoch nur selten an.

¹ MACKENSEN: Graefes Arch. 155, 284—313 (1954).

Nach Untersuchungen, die KÖRBER mit meiner Versuchsanordnung an der optischen Drehschleife durchführte, ist es individuell verschieden, ob überhaupt und gegebenenfalls in welchem Ausmaß ein regelmäßiger Nystagmus zustande kommt. Offenbar gibt es auch gesunde Personen (KÖRBER fand 4 unter 25), bei denen nur ganz unregelmäßige Zuckungen von vielen inversen, in die Bewegungsrichtung des Reizmusters schlagenden raschen Phasen unterbrochen, auftreten. Von diesen Fällen bis zu einer Regelmäßigkeit von fast automatenhafter Präzision gibt es alle Übergänge. Bemerkenswert ist, daß die optokinetische Reizung um so besser vertragen wird, je regelmäßiger die Schlagfolge ist. Je ungleichmäßiger der Nystagmus schlägt, umso eher treten Schwindelgefühl, Übelkeit und Schweißausbruch auf. KÖRBER berichtet, daß bei Personen mit extrem unregelmäßigem Nystagmus die Mißempfindungen über Stunden, in einem Fall sogar $1\frac{1}{2}$ Tage anhielten.

Darüber hinaus hängt es sehr von der Umlaufgeschwindigkeit des Reizmusters ab, wie der dabei auftretende Nystagmus aussieht. Untersucht man bei zunehmender Reizmustergeschwindigkeit, so zeigt sich im ganzen folgendes Verhalten: Der Nystagmus beginnt bei geringer Streifengeschwindigkeit mit kleiner, unregelmäßiger Frequenz und niedriger ungleichmäßiger Amplitude, nimmt bei steigender Geschwindigkeit des Reizmusters in der Zuckungsgröße und der Schlagfolge zu, wird bei hohen Geschwindigkeiten wieder langsamer, kleiner und unregelmäßiger und hört schließlich ganz auf. Auch hier spielen wieder individuelle Eigentümlichkeiten eine beträchtliche Rolle. So ist verschieden, welche Werte als Maximum der Frequenz und Amplitude erreicht werden, die Geschwindigkeit, bei der der stärkste und regelmäßige Nystagmus gefunden wird, sowie die Geschwindigkeit, bei der er dann wieder aufhört (MACKENSEN).

Die als ideal geschilderte Schlagfolge des optokinetischen Nystagmus, die in der Kurve als Sägeform erscheint, finden wir demnach auch bei Personen mit insgesamt regelmäßigem Nystagmusablauf nur unter bestimmten Reizbedingungen sowie bei individuell unterschiedlicher Reizmustergeschwindigkeit. Wie sich das Kurvenbild bei einer Vp. mit im ganzen regelmäßiger Schlagfolge in Abhängigkeit von der Reizmustergeschwindigkeit ändert, ist aus der Abb. 1 zu entnehmen. Hier handelt es sich um einen an der optischen Drehschleife ausgelösten Nystagmus. Die regelmäßige Schlagfolge beginnt bereits bei einer Reizmustergeschwindigkeit von etwa $12^\circ/\text{sec}$. Dann kommen bei etwa $36^\circ/\text{sec}$ die ersten Störungen in das regelmäßige Kurvenbild und zwar treten Zuckungen mit auffallend lange dauernder langsamer Phase auf. Dazwischen liegen dann jedoch immer noch Kurvenstücke, in denen Frequenz und Amplitude die gleiche Regelmäßigkeit aufweisen, wie bei den optimalen Umlaufgeschwindigkeiten. Die lange anhaltenden lang-

samen Phasen werden immer häufiger (72—80^o/sec) und treten bei weiterer Steigerung der Reizmustergeschwindigkeit fast nur noch in Erscheinung (92^o/sec). Danach kommen die ersten Rucke gegen die eigentliche Schlagrichtung und schließlich hört der Nystagmus auf. Besonders wichtig erscheint, daß sich hier die Frequenz nur bis zu einem Höchstwert, der etwa bei 40^o/sec erreicht ist, kontinuierlich ändert. Bei

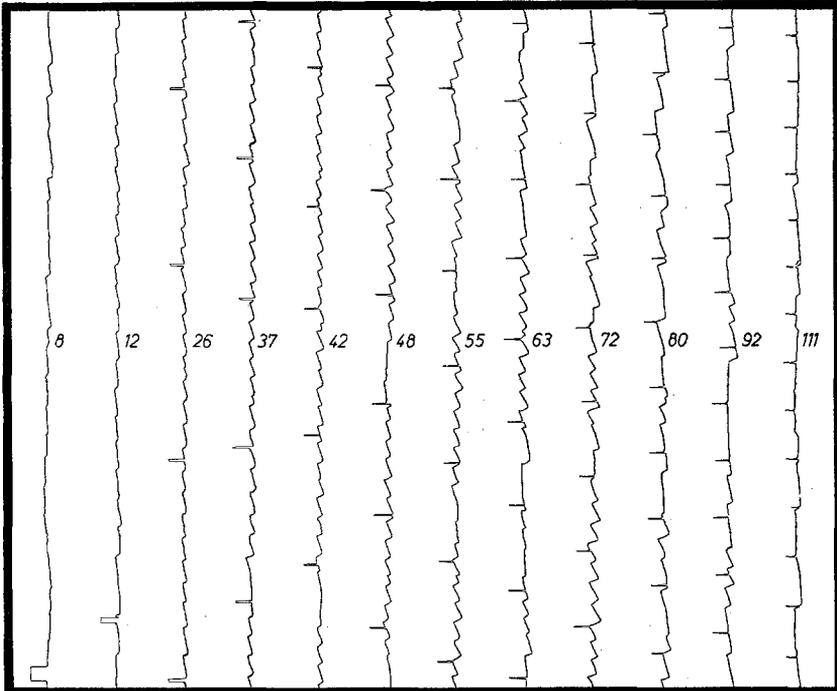


Abb. 1. Optokinetischer Nystagmus. Kontinuierliche Steigerung der Reizmustergeschwindigkeit an der Drehschleife mit einem Streifenmuster von 10 mm Streifenbreite. Die fortlaufend elektrisch registrierten Kurvenzüge sind von unten nach oben zu lesen. Die nach links gerichteten Spitzen zeigen jeweils einen vollendeten Umlauf der Schleife an. Die mittleren Umlaufgeschwindigkeiten sind in jeder Zeile verzeichnet worden. Die Originalkurven wurden für die Reproduktion auf Transparentpapier gepaust.

weiterer Steigerung der Reizmustergeschwindigkeit lösen zwei Frequenzen, die sich etwa wie 2:1 verhalten, einander ab, wobei die langsamen Zuckungen in zunehmender Häufigkeit in den Kurvenzug eingestreut werden, bis sie schließlich die raschen Zuckungen verdrängen.

Besonderheiten des Zuckungsverlaufes, also qualitative Unterschiede, zeigen sich bei den größeren Ausschlägen des im Drehzylinder erzeugten Nystagmus deutlicher als in den Zuckungen, die bei kleinem Reizfeld ausgelöst werden. Deshalb wurden für diesen Bereich die bei 20 gesunden Vpn. im Drehzylinder gewonnenen Nystagmuskurven ausge-

wertet. In einigen Fällen wurde die Reizmuster­geschwindigkeit im optimalen Geschwindigkeitsbereich, der für das grobe Muster des Zylinders etwa von 40—200°/sec reicht, kontinuierlich gesteigert. In den anderen Fällen wurde sie stufenweise geändert.

An den Anfang der Besprechung der Möglichkeiten verschiedenen Verhaltens sei auch hier wieder ein Beispiel gestellt, in dem bei konti-

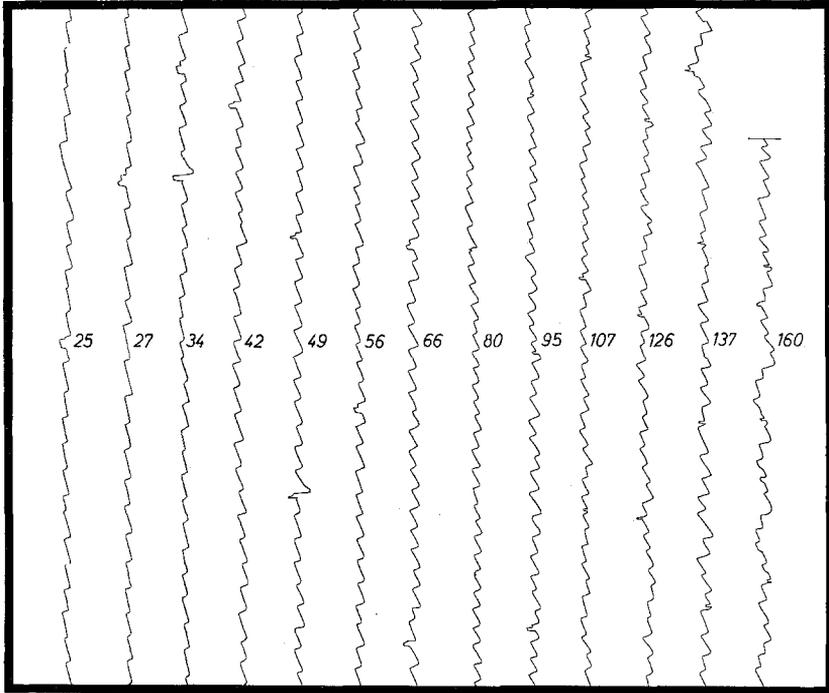


Abb. 2. Optokinetischer Nystagmus. Kontinuierliche Steigerung der Umlaufgeschwindigkeit des Drehzylinders. Fortlaufende Registrierung. Die Zahlen geben die mittlere Umdrehungsgeschwindigkeit für jede Zelle an.

nuierlicher Steigerung der Umlaufgeschwindigkeit des Reizmusters ein sehr regelmäßiger Nystagmus erzielt wurde (Abb. 2). Die Frequenz steigt insgesamt von der niedrigsten bis zur höchsten Drehgeschwindigkeit von 2,7 auf 4,3 Hz an. Die Amplitude hält, von geringen Ungleichheiten von einer Zuckung zur anderen abgesehen, insgesamt gleiche Größe (im Mittel 13,8°), ihren höchsten Wert erreicht sie mit 17,5° bei der Umlaufgeschwindigkeit von 90°/sec.

Aus der Fülle der von diesem Verhalten abweichenden Kurven seien nur zwei Beispiele herausgegriffen. In Abb. 3 finden wir bei den Reizmuster­geschwindigkeiten 48, 69 und 96°/sec einen im ganzen regelmäßigen Nystagmus mit einer Frequenz von etwa 4 Hz. Bei 120°/sec

stellen sich längere und etwas größere Zuckungen zwischen den sonst noch regelmäßigen Rucken ein. Bei einer Umlaufgeschwindigkeit von $180^{\circ}/\text{sec}$ finden wir dann nur noch die langsamen Zuckungen mit einer mittleren Frequenz von etwa 2 Hz. Ganz anders verhält sich das Beispiel der Abb. 4. Auch hier ist der Nystagmus zunächst regelmäßig. Bei der Reizmuster­geschwindigkeit $87^{\circ}/\text{sec}$ fallen dann einige Zuckungen auf, die sich nicht nur durch längere Dauer, sondern vor allem durch eine

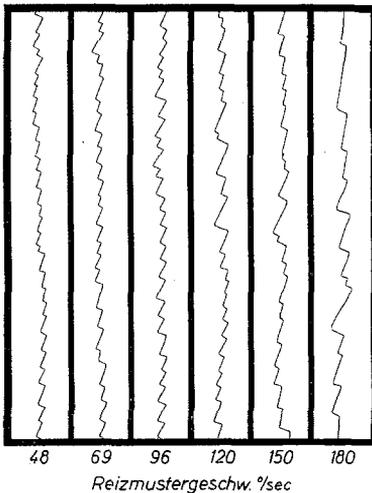


Abb. 3. Änderung des optokinetischen Nystagmus mit zunehmender Reizmuster­geschwindigkeit. Untersuchung im Drehzylinder. Auffallende Abnahme der Frequenz bei hohen Umlaufgeschwindigkeiten.

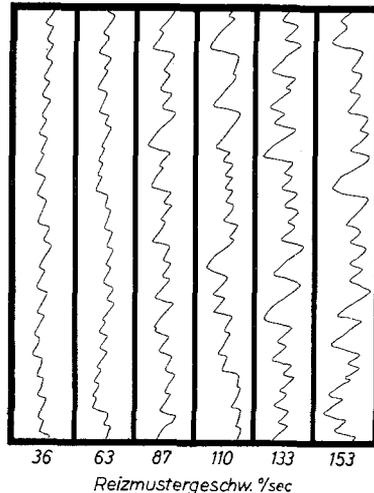


Abb. 4. Änderung des optokinetischen Nystagmus mit zunehmender Reizmuster­geschwindigkeit. Untersuchung im Drehzylinder. Bei hohen Umlaufgeschwindigkeiten treten zuzunehmend große, ausfallende Zuckungen auf.

große Amplitude auszeichnen. Bei 133 und $153^{\circ}/\text{sec}$ wird das Kurvenbild in zunehmendem Maße durch diese großen Zuckungen charakterisiert. Die mittlere Amplitude steigt dementsprechend von $8,5$ auf $22,3^{\circ}$. In beiden Beispielen, der Abb. 3 und 4, zeigt sich wieder das schon an Hand der Abb. 1 besprochene Phänomen, daß große Änderungen in der Frequenz oder Amplitude zuweilen nicht kontinuierlich erfolgen, daß vielmehr bei bestimmten Reizmuster­geschwindigkeiten plötzlich einzelne besonders langsame oder besonders große Zuckungen auftreten, die dann bei zunehmender Geschwindigkeitssteigerung immer häufiger in den Kurvenzug eingestreut werden, bis sie schließlich den ursprünglich vorhandenen Rhythmus völlig verdrängen. Zwischen diesem extremen Verhalten und einer kontinuierlichen Änderung des Nystagmus mit der Reizmuster­geschwindigkeit (Abb. 2) gibt es alle denkbaren Varianten.

Suchen wir nun nach Abweichungen von der idealen regelmäßigen *Gestaltung der einzelnen Zuckung*, so finden wir am häufigsten ungleichförmige Geschwindigkeit der langsamen und der raschen Phase sowie mehr kontinuierliche Übergänge der einen in die andere Phase an Stelle des plötzlichen Phasenwechsels. Diese Besonderheiten finden sich in individuell verschieden starker Ausprägung in den Nystagmogrammen des größten Teiles aller Vpn. Durch unterschiedliche Ausbildung der aufgezählten Zeichen, einzeln oder in allen möglichen Kombinationen, bekommen die Kurven einen weiteren individuellen Charakter. Auch in den hier als Beispiel wiedergegebenen Kurvenausschnitten finden sich derartige Varianten. Auf ungleichförmigen Verlauf der langsamen Phase sowie auf stetige Übergänge der raschen in die langsame Phase wurde bereits von GRÜTTNER hingewiesen.

Ein ganz besonderes Gepräge bekommen die Nystagmuskurven, wenn in einen sonst regelmäßigen Kurvenzug entweder auffallend große oder auffallend kleine Zuckungen eingestreut sind. Derartiges Verhalten haben wir bereits als eine Folge zunehmender Reizmuster-geschwindigkeit in den Abb. 1, 3 und 4 kennengelernt. Solange diese Abweichungen von

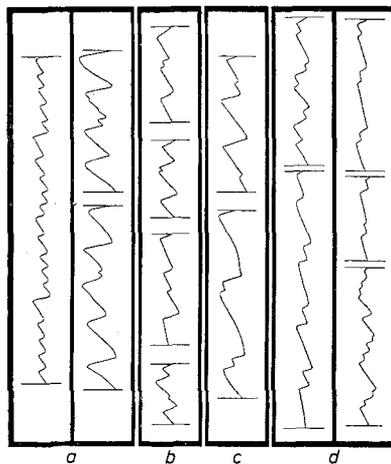
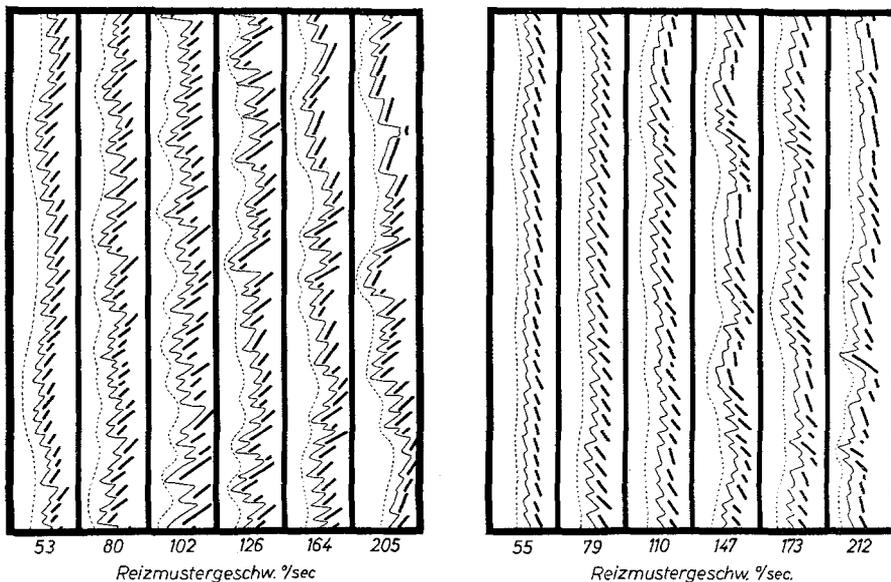


Abb. 5 a—d. Beispiele für Kopplungen. Nystagmuszuckungen verschiedener Größe. a einzelne große oder kleine Rucke in sonst regelmäßigen Kurvenzügen, b und c Unterbrechungen der langsamen oder der raschen Phase einer Nystagmuszuckung durch aufgefropfte kleine Rucke, d periodische Wiederkehr charakteristischer Schlaggruppen (Periodenbildung).

der vorherrschenden Ruckform vereinzelt auftreten, möchte man sie oft für bedeutungslose Zufälligkeiten halten (Abb. 5a). Etwas schwieriger fällt die Entscheidung schon, wenn sich die kleinen Rucke der langsamen oder der raschen Phase so aufpfropfen, daß eine ganz charakteristische Form der Zuckung entsteht (Abb. 5b). Dann kommt aber als weiter fortgeschrittene Ausprägung dieser Besonderheit häufig vor, daß sich Zuckungen verschiedener Größe zu typischen Gruppen zusammenschließen, die periodisch in der Nystagmuskurve wiederkehren (Abb. 5d). Meistens ist eine große Zuckung mit einer oder mit mehreren kleinen Zuckungen verbunden. Diese merkwürdige Erscheinung, die als *Periodenbildung* bezeichnet werden könnte, findet sich bei Untersuchungen im Drehzylinder recht häufig. Mehr oder weniger ausgeprägt, aber immerhin deutlich, ist sie bei etwa $\frac{1}{3}$ der untersuchten Personen vor-

handen. Bei den Unterbrechungen der langsamen oder der raschen Phase durch einen eingestreuten Ruck beginnen bereits die Schwierigkeiten der Kurvenauswertung. Während man sich in einem Teil der Fälle dafür entscheiden möchte, daß hier ein großer und kleiner Ruck zufällig dicht aufeinanderfolgen, erscheint in anderen Fällen die Deutung richtiger, daß hier der eingestreute kleine Ruck nicht selbst ge-



Reizmustergeschw. %/sec

Abb. 6.

Reizmustergeschw. %/sec.

Abb. 7.

Abb. 6. Periodische Schwankungen der mittleren Oscillationslage (gestrichelte Linie) durch rhythmische Änderungen der Zuckungsgröße. Die dicken Striche sollen durch ihre Richtung die Geschwindigkeit der langsamen Phase deutlicher hervortreten lassen.

Abb. 7. Periodische Schwankungen der mittleren Oscillationslage und der Geschwindigkeit der langsamen Phase.

wertet werden darf, daß er vielmehr eine Unterbrechung, eine Störung der Doppelzuckung darstellt und daß diese nur in ihrer Gesamtheit bei der Auswertung und Berechnung betrachtet werden kann. Die ausgeprägten Fälle lassen die Entscheidung nicht schwierig erscheinen, daß jedoch die zwischen ihnen liegenden Möglichkeiten um so schwerer zu beurteilen sind, geht ohne weiteres aus der Abb. 5c hervor, in der eine Anzahl derartiger Beobachtungen zusammengestellt worden ist.

Die Frage nach der Natur der Periodenbildungen löst sich bei Betrachtung von besonders ausgeprägten Kurven, für die Abb. 6 ein Beispiel zeigt. Hier finden wir vor allem bei den Reizmustergeschwindigkeiten 102—126^o/sec größere Zuckungsgruppen, die zwar alle im einzelnen verschieden gestaltet, jedoch in auffallend regelmäßigen Inter-

vallen von besonders ausgiebigen Exkursionen unterbrochen sind. Es zeigt sich deutlich, daß die mittlere Oscillationslage rhythmisch schwankt. Der gestrichelt eingezeichnete Kurvenzug läuft der Oscillationslage etwa parallel. Die Schwankungen nehmen zunächst mit der Umlaufgeschwindigkeit des Reizmusters zu und verlaufen bei 102 und 126°/sec in ziemlich regelmäßigen, sinusförmigen Wellen von etwa 1,4 Hz. Hier ähnelt der Kurvenzug in seiner Kopplung von großen Ausschlägen mit mehreren kleineren Zuckungen dem Umrißbild einer Schrotsäge. Bei weiterer Steigerung der Umlaufgeschwindigkeit werden die Schwankungen der mittleren Oscillationslage wieder flacher und unregelmäßiger. Dafür zeigt sich jetzt aber als anderes Phänomen eine periodische Änderung der Geschwindigkeit der langsamen Phase. Die Phasengeschwindigkeit ist auf dem Kurvenzug aus dem Winkel zu erkennen, den das der Phase entsprechende Kurvenstück mit einer in der Wanderungsrichtung des Registrierstreifens gedachten Geraden bildet. Um die periodischen Änderungen der Geschwindigkeit der langsamen Phase deutlicher zu machen, ist unter dem Kurvenzug noch einmal mit starker Feder die langsame Phase nachgezogen worden. Änderungen des Winkels treten bei dieser Darstellungsart deutlicher hervor. Im Beispiel der Abb. 6 ist die Geschwindigkeit der langsamen Phase bis zur Geschwindigkeit 102°/sec ziemlich konstant. Von 126°/sec ändert sie sich periodisch mit einer Frequenz von etwa 0,5 Hz. Klarer zeigt sich die rhythmische Geschwindigkeitsänderung der langsamen Phase noch in Abb. 7, in der sie bei einer Reizmustergerwindigkeit von 110°/sec beginnt und bei 147 und 173°/sec besonders deutlich ist. Sie erreicht auch hier eine Frequenz von 0,5 Hz.

Sowohl die periodischen Änderungen der Amplitude des Nystagmus wie die der Geschwindigkeit der langsamen Phase führen zu einer periodischen Verschiebung der mittleren Oscillationslage. In beiden Fällen wird erreicht, daß die Augen nicht nur die rhythmische Ruckfolge aus langsamer und rascher Phase ausführen, sondern gleichzeitig noch wesentlich langsamer verlaufende, wahrscheinlich sinusförmige Pendelbewegungen. Obwohl demnach beide Änderungen im Nystagmusablauf den gleichen oder zumindest sehr ähnlichen Effekt haben, handelt es sich um zwei im Wesen ganz verschiedene Erscheinungen. Im Fall der periodischen Änderung der Zuckungsgröße kommt die pendelnde Wanderung der mittleren Oscillationslage allein durch eine Größenänderung des Grundelementes, also der Doppelzuckung, zustande. Die Phasengeschwindigkeiten ändern sich dabei nicht. Im Fall der periodischen Änderung der Geschwindigkeit der langsamen Phase hingegen handelt es sich um das Ergebnis der Interferenz von zwei verschiedenen rhythmischen Augenbewegungen. Hier ist der eigentliche optokinetische Nystagmus langsamen sinusförmigen Pendelbewegungen auf-

gepfropft. Gleiche Kurvenbilder wie in Abb. 7 lassen sich leicht zeichnerisch aus einer sinusförmig verlaufenden und einer sägeförmigen Kurve durch Summation konstruieren (Abb. 8). Bemerkenswert ist vor allem, daß die durch Änderung der Zuckungsgröße hervorgerufenen Pendelbewegungen stets höhere Frequenz haben, als die, bei denen sich die langsame Phase periodisch verschiebt.

So ausgeprägt wie in den Kurvenbeispielen der Abb. 6 und 7 sind die dem Rucknystagmus unterlegten Pendelbewegungen zwar nur selten. Ich fand periodische Schwankungen in der Geschwindigkeit der lang-

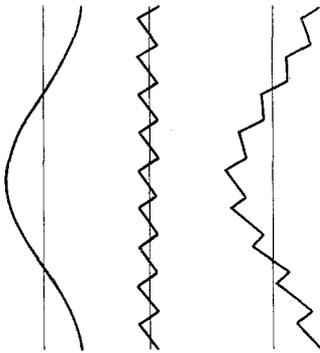


Abb. 8. Konstruktion einer Nystagmuskurve mit periodischer Schwankung der Geschwindigkeit der langsamen Phase durch Addition einer Sägezackenkurve zu einer Sinuskurve.

samen Phase jedoch unter dem ausgewerteten Material mehr oder minder ausgeprägt in über der Hälfte der Fälle. Die Schwankungen waren genau wie die periodischen Änderungen der Amplitudengröße bei hohen Reizmuster-
geschwindigkeiten stärker als bei geringen. Betrachten wir jetzt noch einmal die Kurvenbeispiele der Abb. 1—4 so werden wir die in Abb. 6 und 7 in ausgeprägtem Maße vorhandenen Besonderheiten auch dort finden. So in Abb. 2 die periodischen Schwankungen der Geschwindigkeit der langsamen Phase bei den hohen Umlaufgeschwindigkeiten des Reizmusters und periodische Schwankungen der mittleren

Oscillationslage durch Änderung der Zuckungsgröße in Abb. 4 ebenfalls wieder bei hohen Reizmuster-
geschwindigkeiten.

Wie schon anfangs erwähnt wurde, hat es den Anschein, daß diese hier aufgezählten Besonderheiten, die dem Kurvenzug ein qualitativ unterschiedliches Gepräge geben, einmal von individuell verschiedenen Eigenschaften des motorischen Apparats abhängen. Das geht auch daraus deutlich hervor, daß sich Rechts- und Linksnystagmus derselben Person hinsichtlich der besprochenen Besonderheiten gewöhnlich gleich verhalten. Darüber hinaus bedarf es besonderer Reizbedingungen, um sie deutlich hervortreten zu lassen. Insbesondere spielen die Reizfeldgröße und die Geschwindigkeit des Reizmusters eine wichtige Rolle. Um über das Wesen der individuell begründeten Eigentümlichkeiten etwas aussagen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich. Hier ging es darum, die Erscheinungen zunächst einmal zu beschreiben und auf ihre Bedeutung für die Beurteilung und Auswertung der Nystagmuskurven aufmerksam zu machen.

Blicken wir jetzt noch einmal zurück, so ordnen sich die unscheinbaren Besonderheiten, die darin bestehen, daß in einem sonst gleichförmigen Kurvenzug einzelne Zuckungen unterschiedlicher Größe auftauchen, wie die Kopplungen charakteristischer Schlagfolgen und schließlich die komplizierten Kurven, in denen sich der Nystagmus einer groben Pendelbewegung aufpfropft, deutlich zu einer Reihe verschiedener Ausprägung des gleichen Verhaltens. Alle diese Erscheinungen lassen erkennen, daß eine Anpassung des optokinetischen Nystagmus an die Reizbedingungen allein durch eine Variation der Doppelzuckung, also der Einheit des Nystagmus, nur in begrenztem Umfange möglich ist. Hat sich die Fähigkeit, den Nystagmus durch Vergrößerung von Amplitude und Frequenz zu steigern, erschöpft, so treten bei weiterer Zunahme der Reizmustergeschwindigkeit bei den einzelnen Personen verschiedene Phänomene auf. Die in kontinuierlicher Steigerung der Zuckungsgröße erreichte Schlagfolge wird durch auffallend große oder auffallend lange Zuckungen unterbrochen, die immer häufiger im Kurvenbild auftauchen, oft periodisch erscheinen, von Zuckungen im ursprünglichen Rhythmus überlagert werden und dann die als Periodenbildung bezeichnete Kopplung zu typischen Schlaggruppen ergeben. Zuweilen tritt der aus groben Zuckungen gebildete Nystagmus schließlich völlig an die Stelle der ursprünglichen Schlagfolge. Die Überlagerung grober Pendelbewegungen durch den eigentlichen optokinetischen Rucknystagmus stellt die ausgeprägteste Form in dieser Reihe von Erscheinungen dar, die vor allem bei starker optokinetischer Reizung, also bei großem Reizfeld, grobem Streifenmuster und hoher Reizmustergeschwindigkeit auftreten.

Da zu erwarten ist, daß sich hier für die Deutung des optokinetischen Nystagmus neue Gesichtspunkte ergeben, wird es wichtig sein, diese Beobachtungen durch weitere Untersuchungen zu ergänzen.

Für die Nystagmusauswertung zeigt sich, daß die bei optokinetischer Reizung ausgelösten Augenbewegungen zuweilen viel zu kompliziert sind, als daß sie sich durch die Angabe von Mittelwertszahlen ausreichend charakterisieren ließen. Besonderheiten des Kurvenverlaufes von der hier geschilderten Art müssen über Zahlenangaben hinaus beschrieben werden. In ausgeprägten Fällen wird es möglich sein, komplizierte Kurven zu analysieren, zumindest die Frequenz und das Ausmaß der vom eigentlichen optokinetischen Nystagmus überlagerten Pendelbewegungen anzugeben.

Zusammenfassung.

An Beispielen wird gezeigt, wie sich die Zuckungsformen des optokinetischen Nystagmus mit der Geschwindigkeit des Reizmusters ändern. Die besprochenen Kurven wurden bei Untersuchungen im Drehzylinder

gewonnen, da sich Besonderheiten bei Anwendung eines großen Reizfeldes und eines groben Reizmusters deutlicher zeigen.

Insgesamt ergibt sich, daß die Fähigkeit des motorischen Apparates, sich den Änderungen der Reizbedingungen dadurch anzupassen, daß sich das Grundelement des optokinetischen Nystagmus, die Doppelschlagzuckung ändert, offensichtlich begrenzt ist. Das zeigt sich darin, daß eine Steigerung der Reizintensität durch Vergrößerung der Reizmuster- geschwindigkeit nur bis zu einem gewissen Grade von einer kontinuierlichen Verstärkung des Nystagmus durch Vergrößerung von Amplitude und Frequenz beantwortet wird. Bei weiterer Geschwindigkeitssteigerung treten dann auffallend große oder lange Zuckungen auf, die entweder zunehmend an die Stelle der ursprünglichen Schlagfolge treten oder von Nystagmuszuckungen in zunächst vorhandenem Rhythmus überlagert werden. Dabei können sich charakteristische Schlaggruppen bilden, die periodisch wiederkehren. In den ausgeprägtesten Fällen finden wir rhythmische Verschiebungen der mittleren Oscillationslage, die entweder durch eine periodische Änderung der Zuckungsgröße zustande kommt, die aber auch das Ergebnis einer Interferenz des eigentlichen Rucknystagmus mit einer langsamen sinusförmigen Pendelbewegung sein kann.

Die übliche Art der Auswertung einer Nystagmuskurve durch die Angabe von Mittelwerten der Amplitude und der Frequenz läßt sich in diesen Fällen nicht anwenden. Mittelwertsangaben sind streng genommen nur bei fest eingehaltener mittlerer Oscillationslage zulässig.

Literatur.

BARANY, R.: Zur Klinik und Theorie des Eisenbahnnystagmus. Arch. Augenheilk. 88, 139—142 (1921). — GRÜTTNER, R.: Experimentelle Untersuchungen über den optokinetischen Nystagmus. Z. Sinnesphysiol. 68, 1—48 (1939). — KESTENBAUM, A.: Frequenz und Amplitude des Nystagmus. Graefes Arch. 114, 550—582 (1924). — KÖRBER, H. J.: Physiologische Varianten im Ablauf des optokinetischen Nystagmus. Inaug.-Diss. Göttingen 1952. — MACKENSEN, G.: Individuell bedingte quantitative Unterschiede im Ablauf des optokinetischen Nystagmus. Graefes Arch. 155, 284—313 (1954). — OHM, J.: Die Mikroneurologie des Auges und seiner Bewegung. Stuttgart: Ferdinand Enke 1943, 308 S., 293 Abb.

Dr. G. MACKENSEN, Univ.-Augenklinik Tübingen.