

Vestibuläre Reizschwellen für Coriolis-Beschleunigungen.

Coriolis-Beschleunigungen (ablenkende Beschleunigungen im drehenden Raum) sind in ihrer Wirkung auf den menschlichen Vestibularapparat von Versuchen in rotierenden Laboratorien, in Zentrifugen für experimentelle Untersuchungen am Menschen sowie von gewissen Flugzuständen, die mit hoher Winkelgeschwindigkeit einhergehen, bekannt geworden.

Die zum Auftreten einer Coriolis-Beschleunigung notwendige Relativgeschwindigkeit — entsprechend $b_c = 2\omega v_{rel}$ — ist durch die mit den Augenbewegungen habituell verknüpften Kopfbewegungen gegeben. Diese Beschleunigungen wirken auf das menschliche Bogengangssystem und erzeugen Endolymphströmungen bzw. Cupula-Ablenkungen, welche zusätzlich zu den mit der Kopfbewegung an sich ausgelösten auftreten und zur Überreizung dieses Rezeptorsystems führen

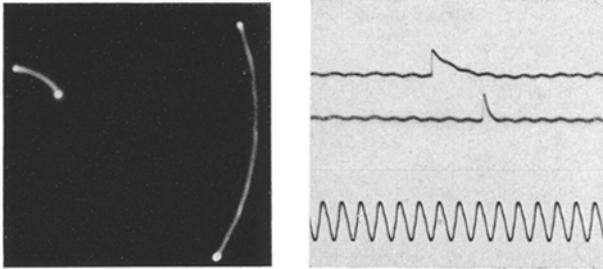


Fig. 1. Links: Lichtspuraufnahme der Meßpunkte A und B. Rechts: Messung der Geschwindigkeit von Meßpunkt B. (Zeiteichung: 50 Hz).

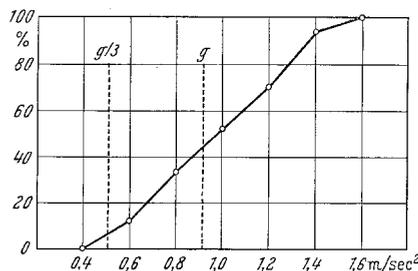


Fig. 2. Frequenzkurve der durch Coriolis-Beschleunigung bei 33 Versuchspersonen ausgelösten vestibulären Reaktion.

[SCHUBERT¹]. Die Folgen sind: Scheindreh- bzw. Kippempfindungen, welche nicht nur auf den Gesamtkörper, sondern auch auf den relativ zur Versuchsperson in Ruhe befindlichen Raum bezogen werden. Ferner wird der gesamte vegetative Symptomenkomplex der Nausea (See- und Luftkrankheit) ausgelöst. Die zur Schwellenerregung notwendige Größenordnung und Wirkzeit dieser Beschleunigung ist noch unbekannt, obwohl sie von praktischer Bedeutung ist und z. B. auch bei der in Planung begriffenen bemannten Raumstation in Betracht gezogen werden muß. (Bemerkt sei, daß das Rezeptorsystem in den Ampullen der Bogengänge nach dem Prinzip eines stark gedämpften Torsionspendels arbeitet und daher geradlinige Beschleunigungsfelder ohne Wirkung sind.)

Der Durchschnittswert der bei der Kopfbewegung auf die Labyrinth einwirkenden Geschwindigkeit (v_{rel}) wurde wie folgt ermittelt:

Meßpunkt A (Durchtritt der die beiden Labyrinth verbindenden Achse durch die Schädeloberfläche): Hinter bzw. oberhalb der Öffnung des rechten knöchernen Gehörganges.

Meßpunkt B (Hilfspunkt): 45 cm vor der Stirnmitte (5 cm vor dem Ende eines 50 cm langen Stäbchens, das mittels Grundplatte und Gummimanschette starr an der Stirn fixiert ist).

Zunächst wird mittels Lichtspuraufnahmen (s. Fig. 1) (Lämpchen an den Meßpunkten A und B) das Verhältnis der bei Kopfeigen von den beiden Meßpunkten beschriebenen Wegstrecken bestimmt. Beträgt in vier Aufnahmen im Mittel 1:4,9. Hierauf wird die Geschwindigkeit des Meßpunktes B (ändert sich in erster Annäherung sinusförmig, wie die Messung als Funktion der Zeit nach einer hier nicht näher auszuführenden Methode ergab) im mittleren Abschnitt einer möglichst raschen Kopfneigung bestimmt: Messung der für eine Strecke von 27 cm benötigten Zeit (entfernte punktförmige Lichtquelle; zwei Photoelemente mit Schlitzblenden, auf die der Schatten des Stäbchens fällt; Registrierung mittels zweier Kathodenstrahlzillographen bei 19 cm Filmgeschwindigkeit). Die Zeit beträgt bei vier Aufnahmen im Mittel 58 msec. Hieraus errechnet sich die auf das Labyrinth einwirkende Geschwindigkeit mit 95 cm/sec als Maximalwert von v_{rel} .

Die Wirkzeit der Coriolis-Beschleunigung b_c ist gegeben in der Dauer der Relativ-, also Kopfbewegung. Dieselbe wurde photokymographisch unter Verwendung des Meßpunktes B ermittelt und lag bei drei Aufnahmen zwischen 0,25 und 0,28 sec.

Die Bestimmungen des Schwellenwertes von ω wurden an einem elektromotorisch angetriebenen Drehstuhl vorgenommen, welcher eine genügende Variation der jeweils konstanten Tourenzahl ermöglichte. Als Schwellenkriterium diente das Auftreten der besonders sinnfälligen Scheinkippempfindung bei raschest möglicher Vorneigung des Kopfes um 50 bis 60°.

Aus den für ω gefundenen Schwellenwerten wurden die der b_c unter Zugrundelegung des Maximalwertes von $v_{rel} = 0,95$ m/sec errechnet. Das Ergebnis der so vorgenommenen Schwellenwertbestimmungen bei 33 Versuchspersonen im Alter von 20 bis 30 Jahren sei durch nebenstehende Häufigkeitsverteilung (Fig. 2) der vestibulären Reaktion (Kippempfindung) in Abhängigkeit von b_c dargestellt.

Anwendung: Zwecks Herstellung eines künstlichen Schwerfeldes in der Raumstation rotiert dieselbe bei einem Radius von 37,5 m (W. v. BRAUN²) mit $\omega = 0,51$ sec⁻¹ (Schwerfeld 1g) bzw. 0,285 sec⁻¹ (Schwerfeld g/3). Die hieraus zu errechnende b_c — wieder unter Zugrundelegung des Maximalwertes von v_{rel} als ungünstigsten Fall — ergibt Werte von 0,92 bzw. 0,51 m/sec². Die Frequenzkurve zeigt, daß im ersten Fall über 40% der Insassen der Einwirkung von b_c unterliegen würden, während der zweite Wert als eben unterschwellig betrachtet werden kann.

Allgemeine Ergebnisse: Die Scheinkippempfindungen werden bei wiederholter überschwelliger Reizung weniger sinnfällig, die Nauseasymptome hingegen verstärken sich und können unter Umständen bis zu neurotischen Zuständen führen. (Schon bei Anblick der Dreheinrichtung Übelkeitsempfinden.) Bei geöffneten Augen und damit Einwirken optischer Bildverschiebung sind die Effekte hinsichtlich Scheinkippung abgeschwächt, die Nauseasymptome unter gleichen Bedingungen verstärkt. Beide vestibuläre Reizeffekte sind verstärkt bei offenen Augen und mitgedrehter „Umwelt“, also bei Fehlen optischer Bewegungswahrnehmung.

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Wien.

Eingegangen am 22. Juni 1953.

G. SCHUBERT.

¹) SCHUBERT, G.: Z. Hals- usw. Heilk. 30, 595 (1932). — Physiologie des Menschen im Flugzeug. Berlin: Springer 1935.

²) BRAUN, W. v.: Station Weltraum. Frankfurt a. M.: Fischer 1953.

Berichtigung

zu dem Aufsatz „Zur Energetik der stationären chemischen Zustände in der Zelle“ von H. NETTER, Naturwiss. 40, 260 (1953): Auf S. 266, linke Spalte, Zeile 41, ist nach den Worten „in die Faser übertritt“ einzuschalten: „Schon vorher (1928) hatten ERNST und SCHEFFER gesehen, daß bei direkter elektrischer Muskelreizung das gleiche stattfindet. — Literatur: ERNST, E., u. A. SCHEFFER: Pflügers Arch. 220, 655 (1928). Vgl. auch ERNST, E., u. L. CSÜCS: Pflügers Arch. 223, 663 (1929).“ H. NETTER.

Berichtigung

zu der Kurzen Originalmitteilung „Modellversuch zum Wachstum der Knochensubstanz“ von H. THIELE und G. ANDERSEN, Naturwiss. 40, 366 (1953): Auf S. 366, linke Spalte, Zeile 12 von unten, muß es heißen: „ist das Vorzeichen der Doppelbrechung negativ“ (nicht positiv).